



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد نوزدهم، شماره اول، ۱۳۹۱

<http://jwfst.gau.ac.ir>

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروسکوپی الکترونی خاک‌های شور و سدیمی در استان گلستان

*مرضیه محمدنژاد^۱، فرهاد خرمالی^۲ و مصطفی رقیمی^۳

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانشیار گروه علوم خاک،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۸

چکیده

استان گلستان در نواحی شمالی دارای سطح وسیعی از خاک‌های شور و سدیمی می‌باشد که به دلیل نزدیک بودن سفره آب زیرزمینی و بالا بودن تبخیر و تعرق ایجاد شده‌اند. این پژوهش به منظور بررسی خصوصیات مینرالوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک‌های شور و سدیمی، جهت تعیین تجمع نمک‌ها و منشأ آنها انجام شد. برای این منظور ۴ پروفیل در شمال حوضه گرگانرود و جنوب حوضه اترک براساس نقشه‌ها و مطالعات موجود در شمال و جنوب گرگانرود انتخاب و نمونه‌برداری شدند. این پروفیل‌ها از نظر فاصله با دریای خزر متفاوت بودند. پروفیل‌های ۱ و ۲، در فاصله‌ای نزدیک با دریای خزر قرار داشتند و در مورد پروفیل‌های ۳ و ۴ این فاصله افزایش می‌یافت. کلیه آزمایش‌های رایج فیزیکوشیمیایی بر روی افق‌های خاک‌ها انجام گرفت و خاک‌ها براساس سیستم‌های Soil Taxonomy و WRB طبقه‌بندی شدند. پروفیل‌های ۱ و ۳ براساس سیستم Soil Taxonomy دارای طبقه‌بندی Aquisalids و پروفیل‌های ۴ و ۲ Haplosalids و Cambids بودند. براساس سیستم WRB، تمام پروفیل‌ها به جز پروفیل ۲ که در رده Cambisols طبقه‌بندی شد، در رده Solonchak طبقه‌بندی شدند. برای تشخیص نوع نمک‌ها ابتدا از نمونه پودری آنها آزمایش کانی‌شناسی و سپس SEM/EDS انجام شد. برای بررسی منشأ این نمک‌ها نیز از نمودار گپس استفاده شد. نمک‌هایی که با آزمایش‌های XRD تشخیص داده شدند، شامل گچ، کلریدسدیم، هگزا هیدریت، اپسومیت و میرابیلیت بودند. گچ در

* مسئول مکاتبه: m.mohamadnezhad@gmail.com

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۱۹)، شماره (۱) ۱۳۹۱

پروفیل‌ها در سطح و عمق به شکل عدسی شکل دیده شد. هالیت نیز در پروفیل‌ها هم در سطح و هم در عمق وجود داشته و اپسومیت در پروفیل ۱ در سطح و در پروفیل ۳ در اعماق دیده شده و میرابیلیت فقط در پروفیل اول و در افق سطحی یافت شد. منشأ این نمک‌ها در این مناطق براساس نتایج به دست آمده از تجزیه کاتیونی و آنیونی آب زیرزمینی و سطحی موجود در این مناطق و با استفاده از مدل گیس تبخیری تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: میکروسکوپ الکترونی SEM/EDS، کانی‌شناسی، آب زیرزمینی، تبخیر و تعرق

مقدمه

امروزه به دلیل افزایش جمعیت لازم است به همان نسبت تولیدات غذایی را زیاد کنیم تا از قحطی و گرسنگی جلوگیری شود. یکی از راه‌های افزایش تولید، افزایش سطح زیر کشت است که عملاً در مناطق مرطوب، تمام زمین‌های مناسب به زیر کشت رفته و در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز که اراضی بکر زیادی وجود دارد به دلیل نبود آب و یا شور و سدیمی بودن خاک‌ها و نیز شور شدن ثانویه خاک‌ها در اثر آبیاری امکان کشت وجود نداشته و یا بسیار محدود است (خرمالی، ۲۰۰۶).

استان گلستان به خصوص در نواحی شمالی دارای سطح وسیعی از خاک‌های شور و سدیمی می‌باشد که به دلیل نزدیک بودن سفره آب زیرزمینی و بالا بودن تبخیر و تعرق ایجاد شده‌اند (خرمالی، ۲۰۰۶).

ابطحی (۱۹۷۷) با مطالعه سری‌های خاک کربال و مرودشت در استان فارس تکامل خاک‌های شور و سدیک را در چهار فرایند خلاصه کرد: شور و سدیمی شدن^۱، شوری‌زدایی^۲، سدیمی شدن^۳ و سدیم‌زدایی^۴.

تبخیر سبب انتقال نمک‌ها به سطح می‌شود و این روش تبدیل هگزاهیدریت در سطح به‌طور مستقیم و بدون تغییر شکل یافتن از اپسومیت است (پالاچ و همکاران، ۱۹۵۷).

ژپس- انیدریت نیز در رسوبات بیرون زده اطراف دریاچه‌های شور، واحدها و نزدیک رودخانه‌های خشک در صحرا در حال تشکیل هستند (رقیمی، ۲۰۰۵).

- 1- Salinization and alkalization
- 2- Desalinization
- 3- Dealkalization
- 4- Solonetzation

در صورتی که فرایند تبخیر ادامه یابد و غلظت املاح بیشتر شود، منیزیم هپتا هیدریت (اپسومیت) تبدیل به منیزیم هگزا هیدریت (هگزا هیدریت) یا $(\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ می شود (بتختین، ۱۹۵۶).

تیمپسون و همکاران (۱۹۸۶) تشکیل کانی های نمکی را در شمال غرب داکاتا در آمریکا تحت تأثیر آب زیرزمینی بالا مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش به بررسی جزئیات تغییرات کانی شناسی در هنگام مهاجرت آب شور به درون پروفیل خاک پرداخته شد. کانی های نمکی به وجود آمده شامل میرابیلیت، تناردیت، اپسومیت، هگزا هیدریت، بلودیت، کنیایت^۱ و گچ بودند.

اسمیت و همکاران (۲۰۰۴) اشکال کانی های نمکی را در جنوب واز در اروپا و کوئزلند در استرالیا توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی کردند و دریافتند که هالیت به ندرت به شکل مکعبی در افق های سطحی پف مانند خاک های شور تشکیل می شود. هالیت در این افق ها به طور عمده به شکل توده ای دیده می شود. کلسیت و منیزیم به شکل ندول در پوسته های رسی تشکیل می شوند. بلورهای کلسیت رمبوهدرال و منیزیم که حفره ها را پر می کنند، میان ورقه های اسمکتیت ارثی در پوسته رسوبی قرار می گیرند. همچنین کانی های آنکریت^۲ و هالوی سایت^۳ را هم در پوسته رسوبی مشاهده کردند.

میز (۲۰۰۳) مینرالوژی رسوبات اتجومونگوا^۴ در جنوب غربی کالاهاری در نامیبیا در آفریقا را مورد بررسی قرار داد. از فراوان ترین کانی های نمکی در رسوبات، هالیت و تناردیت^۵ بودند. از جمله دیگر کانی ها گچ و یوگستریت و گلوبریت^۶ بوده اند. وی هم چنین با میکروسکوپ الکترونی روبشی تصویر کانی تناردیت را در دو حالت خوشه ای و کشیده می توان دید.

باک و همکاران (۲۰۰۶) کانی های نمکی را در دشت لاس وگاس در نوادا در آمریکا با استفاده از میکروسکوپ های الکترونی روبشی و آنالیز عنصری^۷ و تفرق اشعه ایکس^۸ تجزیه و تحلیل کردند. با استفاده از این روش ها وجود کانی های بلودیت، یوگستریت، هالیت، هگزا هیدریت، گچ، تناردیت و کائولینیت را نیز تأیید کردند. گچ در سطح و در همه افق های زیر سطحی ظاهر می شد. بیشتر نمک های محلول در سطح و در دو افق زیر سطحی ظاهر می شدند.

1- $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$

2- Ankerite ($\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$)

3- Halloysite (Aluminium phyllosilicate)

4- Otjomongwa

5- Thenardite (Na_2SO_4)

6- Glaubrite ($\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$)

7- Scanning Electron Microscope/Energy dispersive spectrometer (SEM/ED)

8- X-Ray Diffraction (XRD)

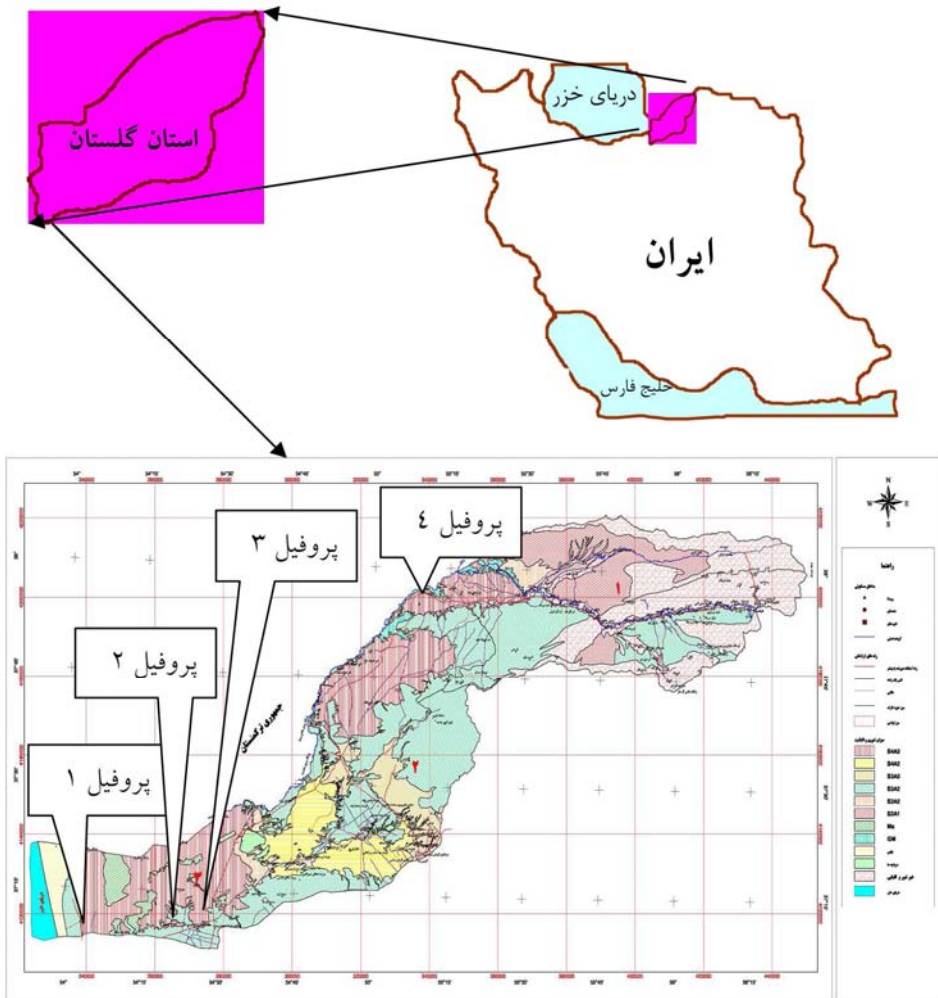
ون پخم و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعات میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی و آنالیز عنصری در خاک‌های شور شمال تایلند اظهار کردند که در حفره‌های خاک‌هایی که دارای پوسته نمکی هستند هالیت وجود دارد. گچ و باریت و سیلویت^۱ نیز در بعضی از پروفیل‌ها دیده شدند. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی هم تصویر کانی باریت^۲، هالیت، کلسیت^۳ و کلرید کلسیم را مشاهده کردند. اهداف این پژوهش عبارت از تعیین نوع نمک‌های غالب در این خاک‌ها با استفاده از آزمایش‌های کانی‌شناسی نمونه پودری و میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیز عنصری (SEM/EDS)، بررسی منشأ این نمک‌ها در هر یک از نقاط نمونه‌برداری و تأثیر سطح آب زیرزمینی در نوع نمک‌های تشکیل شده در هر منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پس از مطالعه نقشه‌های شمال و جنوب حوزه گرگانرود و اترک و طرح تحقیقاتی موجود (خرمالی، ۲۰۰۶)، ۴ نقطه جهت نمونه‌برداری در شمال‌شرقی ایران در استان گلستان انتخاب شدند (شکل ۱). این نقاط بین طول‌های جغرافیایی ۲۳۹۵۹۸ تا ۳۳۶۴۴۲ و عرض‌های جغرافیایی ۴۱۰۰۵۹۶ تا ۴۲۰۰۱۹۲ قرار داشتند. همان‌طور که براساس نقشه مشاهده می‌شود تمام پروفیل‌ها در مناطقی با شوری و سدیمی بالا جهت نمونه‌برداری انتخاب شدند. بارندگی از بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر در منطقه ۴ (ارتفاعات جنوب‌شرق مراوه‌تپه) به کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در منطقه‌های ۱، ۲ و ۳ (حاشیه مرز ترکمنستان و مجاور دریای خزر) متغیر است. تبخیر نیز از ۱۵۰۰ میلی‌متر در منطقه ۴ (ارتفاعات جنوب‌شرق مراوه‌تپه) به بیش از ۲۵۰۰ میلی‌متر در منطقه‌های ۱، ۲ و ۳ (حاشیه مرز ترکمنستان و مجاور دریای خزر) تغییر می‌یابد. در فصل گرم (تابستان) با وجود اندک بارش پراکنده، تبخیر و تعرق بر میزان بارش فزونی دارد و این امر باعث تجمع املاح در لایه‌های مختلف خاک می‌گردد. متوسط درجه حرارت سالیانه خاک حدود ۱۵-۲۲ درجه سانتی‌گراد است و برحسب تعاریف موجود رژیم حرارتی ترمیک بر کل مناطق حاکم است. محدوده مطالعاتی بر اساس تقسیمات اقلیمی دومارتن در ناحیه خشک قرار گرفته است که این منطقه شامل دشت‌های رسوبی رودخانه اترک می‌باشد. حوزه

- 1- Silvite (Kcl)
- 2- BaSO₄
- 3- Calcite (CaCO₃)

آبریز اترک، بخش‌هایی از زون کپه داغ و البرز شرقی را در بر می‌گیرد و شامل رسوبات دریایی، قاره‌ای با ضخامت ۸۰۰۰ متر و به‌صورت پیوسته و هم‌شیب بوده و شامل سنگ‌های آهکی، مارن، شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرا و رسوبات تبخیری در زون کپه‌داغ و تشکیلات شمشک و دلیچای در زون البرز می‌باشد. تشکیلات موجود در این حوزه، از قدیم به جدید، شامل تشکیلات ژوراسیک، کرتاسه، پالئوژن، نئوژن و کواترنری است.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه برداری در نقشه خاک‌های شور و سدیمی استان گلستان.

از نظر موقعیت فیزیوگرافی پروفیل‌های ۱ و ۳ در مناطق پست، پروفیل ۲ در دشت رسوبی رودخانه‌ای و پروفیل ۴ بین اراضی پست و دشت رسوبی رودخانه‌ای قرار داشتند. به دلیل نزدیک بودن سطح آب زیرزمینی به سطح خاک، تبخیر و تعرق بالاست و درجات متفاوتی از شور شدن در خاک ایجاد می‌شود. خاک‌های منطقه از نوع خاک‌های رسوبی و آبرفتی هستند و در هر پروفیل لایه‌های مختلف رسوبی وجود دارد. رژیم رطوبتی - حرارتی همه مناطق نمونه‌برداری شده (اریدیک - ترمیک)^۱ است. در تمامی مناطق نمونه‌برداری نوع کاربری مرتع بوده و زمین لخت و یا با پوشش گیاهی کم و فصلی می‌باشد و فقط معدودی از گیاهان هالوفیت مانند (*Atriplex* و *Salsola*) و خارستر وجود دارند. در واقع می‌توان گفت که زمین بدون پوشش گیاهی است. پس از حفر پروفیل و تفکیک افق‌ها، خاک‌ها بر اساس معیارهای موجود در سیستم‌های تاکسونومی (۲۰۱۰)^۲ و (WRB) تشریح و طبقه‌بندی شدند. براساس سیستم طبقه‌بندی خاک تاکسونومی، تقسیم‌بندی خاک‌ها عبارت بودند از: (پروفیل اول، *Typic Aquisalids*، پروفیل دوم، *Typic Haplocambids*، پروفیل سوم، *Gypsic Aquisalids* و پروفیل چهارم، *Typic Haplosalids*) و از لحاظ سیستم WRB، به جز پروفیل دوم (*Cambisols*)، سه پروفیل دیگر در راسته *Solonchaks* تقسیم‌بندی می‌شدند. سپس نمونه‌برداری از آن‌ها صورت گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند.

هر یک از نمونه‌های اخذ شده ابتدا در هوا خشک و سپس کوبیده شدند. ذرات کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر با استفاده از الک نمره ۲۰۰ جدا شدند. پارامترهای مورد ارزیابی در این پژوهش در جدول ۱ و روش به‌دست آوردن آنها در ذیل به‌طور خلاصه ارائه شده است.

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی در عصاره اشباع صورت پذیرفت (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷). اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه pH متر با الکتروود شیشه‌ای در عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شد. در عصاره اشباع سدیم و پتاسیم پس از رقیق کردن با استفاده از دستگاه فلیم‌فتمتری، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و تیتراژ کردن با EDTA در حضور معرف‌های اریوکروم بلاکتی و موروکسید، کلر به روش کمپلکسومتری و تیتراژ کردن با نیترات نقره و در حضور معرف دی‌کرومات پتاسیم و سولفات از طریق مساوی قرار دادن مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها محاسبه شدند. در مرحله بعد سعی شد که نمک‌های موجود در نمونه‌ها جدا شوند (البته مقداری خاک هم با

1- Aridic-Thermic
2- Soil Taxonomy

نمک‌ها مخلوط شدند) و سپس این نمک‌ها توسط دستگاه XRD آنالیز شده و در آخرین مرحله هم نمونه‌ها توسط میکروسکوپ‌های SEM/EDS واقع در پژوهشکده پتروشیمی ایران - تهران تجزیه و آنالیز شدند. مدل میکروسکوپ الکترونی استفاده شده در این پژوهشکده VEGA/TESCAN ساخت کشور چک و مدل میکروسکوپ پراش اشعه ایکس oxford Inca 250 بوده است. مدل دستگاه طلاپوش EMITECH, K4 SOX بود. به کمک داده‌های به دست آمده از تجزیه شیمیایی برای شناسایی منشأ کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی و عوامل مؤثر بر کیفیت شیمیایی آب، از نمودارهای گیس استفاده شده است (گیس، ۱۹۷۰).

نتایج و بحث

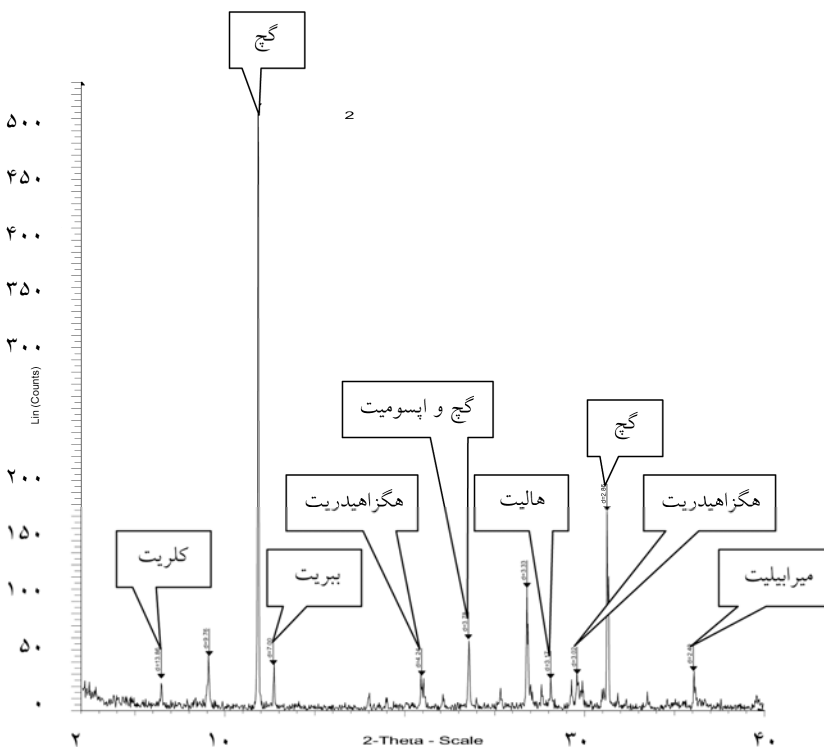
جدول ۱ ترکیب کاتیونی و آنیونی محلول خاک‌ها را نشان می‌دهد. حداکثر شوری مربوط به پروفیل ۱ است که در اراضی پست واقع می‌باشد. اراضی پست دارای بیشترین EC می‌باشند. در پروفیل شماره ۲ به دلیل وجود گرگانرود و زهکشی توسط آن، شوری کمی وجود دارد و در آزمایش‌های کانی‌شناسی وارد نشد. براساس نظریه ابطحی (۱۹۷۷) پروفیل ۲ در مرحله شوری‌زدایی و سایر پروفیل‌ها در مرحله شور و سدیمی شدن قرار دارند.

جدول ۱- ترکیب آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول.

افق	pH	هدایت الکتریکی	سدیم	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	کلر	سولفات
کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در محلول خاک (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)								
P1-Az	۸/۱	۶۶	۴۹۶	۸۷	۱۲۶	۴۹/۷	۵۱۰	۲۳۶
P1-2Bgb	۷/۸۲	۱۱/۵	۵۹/۵	۲۶	۳۳	۱۲/۲	۶۲	۷۸/۷
P3-Bzyg	۷/۳۷	۴۱/۵	۲۷۰	۵۶	۱۰۱	۱۳/۱	۲۷۵	۱۵۹
P3-BCg	۷/۳	۴۰/۲	۲۶۶	۵۳	۹۷	۱۰	۲۷۰	۱۵۰/۱
P4-Bzy	۷/۸۵	۳۳/۵	۲۶۸	۹۱	۸۳	۱۱/۳	۲۷۰	۱۸۳
P2-Bw2	۸/۰۲	۱۰/۸	۶۹/۵	۱۶	۳۸	۱۳/۲	۵۰	۸۲/۷

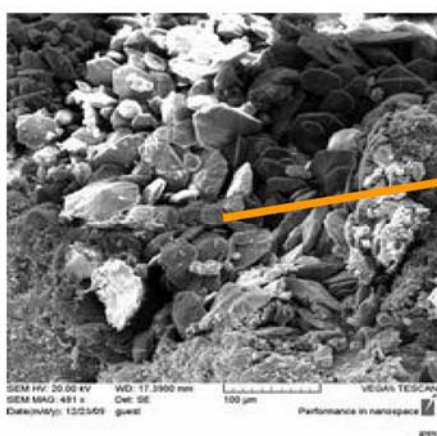
بررسی وضعیت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محلول خاک نشان می‌دهد که سدیم کاتیون، کلر و سولفات آنیون غالب خاک‌ها را تشکیل می‌دهند. بالا بودن میزان سدیم و کلر به دلیل وجود نمک‌های هالید و بالا بودن سولفات به دلیل وجود نمک‌های سولفات (که بخش اعظمی از کانی‌های سولفات را گچ شامل می‌شود) است. در خاک‌های به شدت شور و با زهکشی ضعیف میزان یون Mg^{2+} نسبت به Ca^{2+} به مقدار قابل توجهی بالا می‌باشد. این امر به دلیل تشکیل کانی رسی اسمکتیت از محلول خاک (نوتشکلی) است.

برای پی‌بردن به نوع نمک‌های موجود در پروفیل‌های ۱، ۳ و ۴، ابتدا به کانی‌شناسی نمونه پودری اقدام نموده که در شکل ۲ آورده شده است.

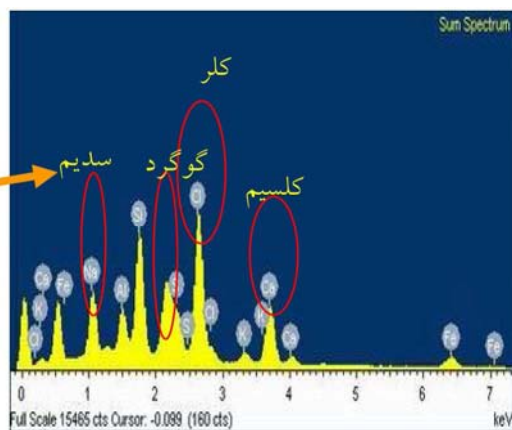


شکل ۲- کانی‌شناسی نمونه پودری از P1-Az.

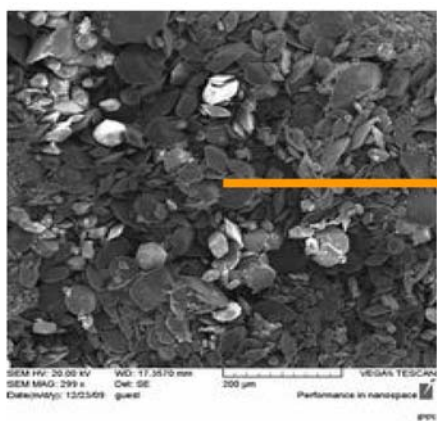
در آنالیز نمونه پودری نمکی افق Az پروفیل ۱ به وسیله XRD، وجود نمک‌های گچ، هالیت، هگزا هیدریت، میرابیلیت و اپسومیت به ثبت رسید. در پروفیل ۳ نیز وجود نمک‌های گچ، اپسومیت و انیدریت و در پروفیل ۴ فقط گچ به مقدار زیاد تشخیص داده شد. غالب این نمک‌ها در هر سه پروفیل، گچ بود. همچنین با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM/EDS هم وجود این نمک‌ها تأیید شد که در (شکل‌های ۳ و ۴ و ۵) آورده شده‌اند.



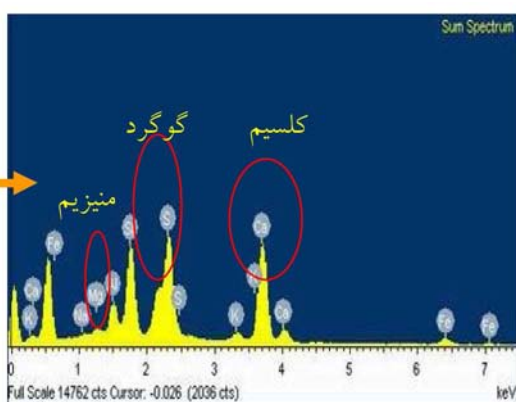
ب) آنالیز SEM مربوط به P4-Bzy



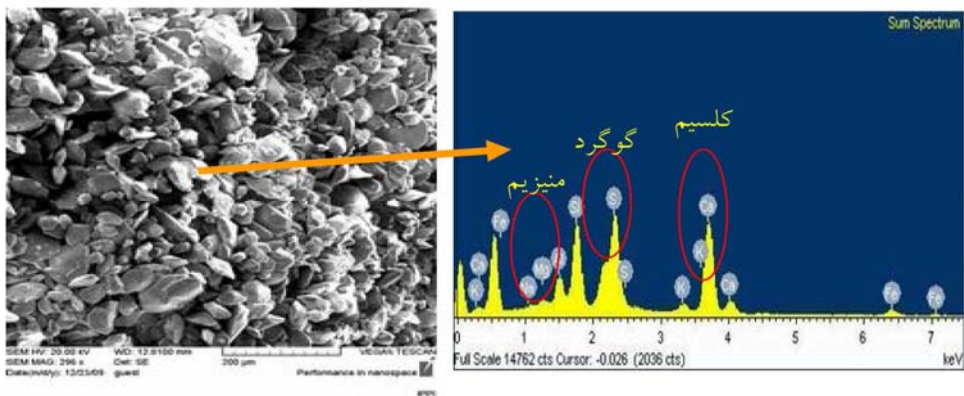
شکل ۳- الف) آنالیز EDS مربوط به P4-Bzy



ب) آنالیز SEM مربوط به P2-Az



شکل ۴- الف) آنالیز EDS مربوط به P2-Az



ب) آنالیز SEM مربوط به P3- Bzyg

شکل ۵- الف) آنالیز EDS مربوط به P3- Bzyg

آنالیزهای SEM/EDS نشان دادند که در هر سه پروفیل نمک‌ها لیت نیز علاوه بر نمک‌های یاد شده وجود داشت. به‌وجود این نمک‌ها از روی پیک‌های Na و Cl و Ca و S می‌توان پی‌برد (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). در پروفیل‌های ۱ و ۳ علاوه بر این نمک‌ها، نمک‌های سولفات منیزیم نیز وجود دارند مانند هگزا هیدریت، اپسومیت (شکل ۲). وجود پیک منیزیم همراه با سولفات شاهدهی بر وجود این دسته از نمک‌ها است (شکل‌های ۴ و ۵).

اپسومیت و هگزا هیدریت از نمک‌های سولفات منیزیم دارند و تفاوت آن‌ها در میزان مولکول‌های آب است که بر اثر میزان تبخیر و تعرق می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند. هگزا هیدریت فقط در پروفیل اول و در سطح مشاهده شد. اما اپسومیت هم در پروفیل ۱ و هم در پروفیل ۳ وجود داشت. در پروفیل ۱ اپسومیت در سطح و در پروفیل ۳ در عمق مشاهده شد. در صورتی‌که فرایند تبخیر ادامه یابد و غلظت املاح بیشتر شود، منیزیم هپتاهیدریت (اپسومیت) تبدیل به منیزیم هگزا هیدریت (هگزا هیدریت) می‌شود. بنابراین در اثر تداوم فرایند تبخیر، هگزا هیدریت از اپسومیت به‌وجود می‌آید. در صورت وجود رطوبت بالا، شرایط برای تبدیل هگزا هیدریت از اپسومیت فراهم می‌شود (پالاج و همکاران، ۱۹۵۷). به‌نظر می‌رسد که وجود کانی‌های اپسومیت و هگزا هیدریت در سطح خاک در پروفیل ۱ به سبب وجود رطوبت بالا است. اما در پروفیل ۳ و در اعماق به سبب عدم فراهمی رطوبت زیاد، فقط اپسومیت وجود دارد و شرایط برای تبدیل آن به هگزا هیدریت وجود ندارد. هگزا هیدریت به‌عنوان یک کانی سولفات در فصل تابستان ظاهر می‌شود. اما اپسومیت در دیگر فصول هم در خاک وجود دارد (تیمپسون و همکاران، ۱۹۸۶). با توجه به این‌که عملیات صحرائی پروفیل‌ها در فصل تابستان انجام پذیرفت، هر دو نوع نمک در خاک وجود داشت.

هگزاهیدریت ($MgSO_4 \cdot 6H_2O$) مانند اپسومیت یک کانی نمکی سولفات منیزیم است که در طی عمل شوره‌زنی بر سطوح سنگ‌ها، در پوسته‌های نمکی و بر دیواره سنگ‌های آهکی در مناطق پست در نتیجه بلوری شدن و به‌دنبال نفوذ آب‌های سولفات منیزیم به‌درون خاک یا روی سطح سنگ‌ها به‌شکل بلورهای سوزنی یا باریک به‌وجود می‌آیند (بتختین، ۱۹۵۶).

میرابیلیت ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) هم که جزء نمک‌های سولفات سدیم است فقط در پروفیل اول و در افق سطحی موجود می‌باشد. در دریای خزر در فصل بهار، هنگامی که دما به‌طور ناگهانی افت می‌کند، مقدار زیادی میرابیلیت در کف دریاچه رسوب می‌کند و بخشی از آن در تابستان همراه با موج‌های کوچکی که به ساحل می‌آیند، به ساحل دریا و بر روی سطح خاک پرتاب می‌شوند. این عامل می‌تواند علت وجود این کانی در سطح خاک و در پروفیل اول که فاصله آن با دریا ناچیز است، باشد. (بتختین، ۱۹۵۶).

در سطح و در اعماق با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی در تمامی ۳ پروفیل گچ را به‌شکل عدسی‌مانند می‌توان دید. گچ یکی از متداول‌ترین کانی‌های رسوبی تبخیری است. گچ به‌عنوان کانی تشکیل‌دهنده اصلی در بسترهای توده‌ای سنگ‌ها است و به‌طور معمول از رسوب دریاچه‌های بسیار شور ایجاد می‌شود. همراه با گچ، هالیت نیز در بعضی از تصاویر به‌وضوح به‌شکل مکعبی وجود دارد.

گچ - انیدریت نیز در رسوبات بیرون زده اطراف دریاچه‌های شور، واحدها و نزدیک رودخانه‌های خشک در صحرا در حال تشکیل هستند. حوضچه‌های شور محیطی است که عموماً هالیت رسوب می‌کند. هنگامی که تبخیر به‌خوبی پیشرفت کند، هالیت همراه با انیدریت لامینه‌ای، رسوب می‌کند تا حوضه تقریباً پر شود. سپس تبخیر در شورابه‌ها و تلخاب‌ها و شوره‌زارها ممکن است کانی‌های شور حاوی K^+ و Mg^{2+} را تولید کند (رقیمی، ۲۰۰۵).

اولین کانی تبخیری که در محیط تشکیل می‌شود کربنات کلسیم ($CaCO_3$) است و سپس به‌دنبال آن آنیدریت ($CaSO_4$)، هالیت ($NaCl$) و در نهایت کانی‌های شور حاوی Mg و K محلول تشکیل می‌شوند. در منطقه مورد مطالعه کانی‌های گچ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ و هالیت یافت می‌شوند. تا مادامی که شرایط برای تشکیل دولومیت در منطقه وجود نداشته، وجود Mg^{2+} در محیط آبی کاملاً بارز است (رقیمی، ۲۰۰۵).

کیفیت شیمیایی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار گیرد. مهم‌ترین این عوامل در هر منطقه عبارتند از لیتولوژی، بارندگی، تبخیر، نفوذ آب شور. ولی اساساً یکی از عوامل مهم‌تر و مؤثرتر می‌باشد. در جدول‌های ۲ و ۳ نتایج تجزیه کاتیون‌ها و آنیون‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی ایستگاه‌های اطراف نقاط نمونه‌برداری آورده شده است.

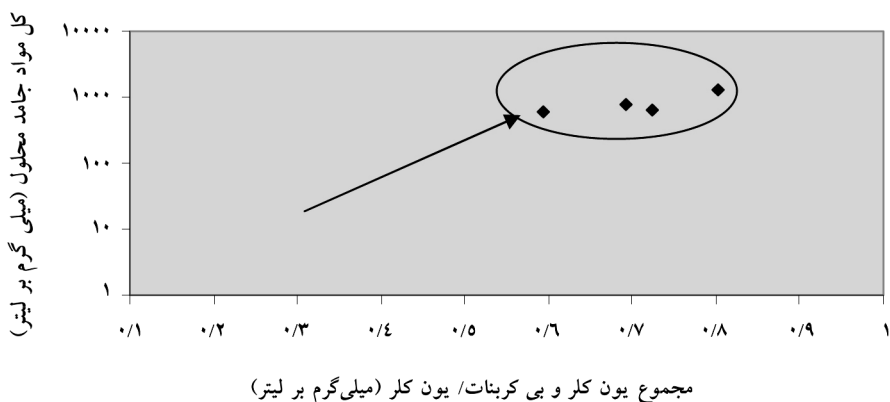
جدول ۲- نتایج به‌دست آمده از تجزیه کاتیونی و آنیونی آب زیرزمینی دو ایستگاه داشلی‌برون و سقر تپه (ارائه شده توسط سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان).

ایستگاه	سال آبی	ماه آبی	روز آبی	کل جامدات محلول (TDS)	میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها برحسب میلی‌اکی‌میلی‌الان بر لیتر												
					بی‌کربنات	کلر	سولفات	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کربنات	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	
داشلی‌برون	۸۰	۷	۲۰	۱۸۷	۴/۳	۶/۳	۸/۳	۷/۸	۲/۳	۲/۳	۳/۵	۸۰/۰	۳/۳	۷/۲۱	۳/۱	۵/۳۳	۳۱/۰
داشلی‌برون	۸۷	۲	۲۴	۵۲۱۲	۷/۵	۸/۳	۳/۵۳	۲/۱	۲/۱	۳/۳	۳۳	۳۱/۰	۶/۱۱	۵/۸۱	۵/۳	۷/۵۷	۱۱/۰
داشلی‌برون	۸۷	۷	۶۱	۱۷۸۱	۶/۵	۲/۰	۳/۰۲	۲/۶	۵/۱	۸/۱۱	۷۰/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
داشلی‌برون	۸۷	۲	۵	۳۲۲۰	۵/۵	۳/۷۸	۲/۱	۳/۰۱	۶/۷۱	۱/۶۸	۸۰/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
داشلی‌برون	۸۷	۲	۶۲	۷۴۶۳	۳/۶	۰/۶	۲/۶۵	۶/۱۲	۰/۳	۶/۰۶	۸۱/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
داشلی‌برون	۸۷	۷	۵	۱۰۳۳۴	۶/۸	۳/۳	۳/۳۳	۳/۰۱	۳/۰۲	۳/۷۳	۳۱/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
داشلی‌برون	۸۷	۷	۳۱	۶۵۷۱	۸/۵	۳/۱	۶/۱۱	۷/۶	۵	۳/۱	۳۱/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
داشلی‌برون	۹۷	۲	۷۲	۷۳۳۳	۶/۶	۳/۶۳	۵/۰۳	۰/۱	۱/۲	۶/۲۳	۳۱/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
سقر تپه	۹۷	۲	۷	۳۲۰۰۱	۳/۵	۷/۷	۳/۱۷	۱/۲	۰/۵	۳/۰۱	۳۱/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
سقر تپه	۹۷	۷	۷	۵۸۶۲	۵/۵	۶/۱۲	۳/۵۱	۷/۷	۲/۳۱	۶/۰۲	۶۰/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
سقر تپه	۹۷	۷	۱۱	۸۰۱۵	۵/۶	۳/۰۳	۳/۵۳	۳/۳۱	۷/۲	۰/۳	۱/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
سقر تپه	۹۷	۲	۶۱	۵۵۰۲۰	۵/۵	۰/۳۱	۳/۰۱	۳/۳	۷/۷	۳/۸۱۱	۶۳/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
سقر تپه	۸۷	۲	۳۱	۵۲۱۶	۳/۶	۳/۶	۸/۱	۳/۳	۶/۳	۳/۳	۷/۱	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
سقر تپه	۹۷	۷	۳۱	۶۱۳۷	۳/۵	۱/۷	۶/۶۶	۷/۲	۰/۳	۲/۳۷	۶۳/۰	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳

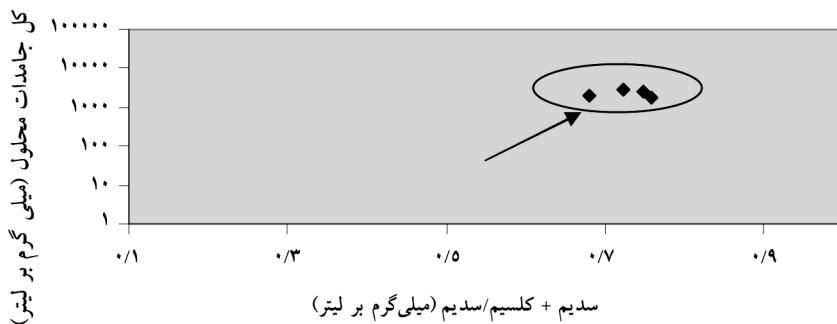
جدول ۳. نتایج به‌دست آمده از تجزیه کاتیونی و آنیونی آب سطحی ایستگاه بصیرآباد (ارائه شده توسط سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان).

ایستگاه آبی	سال	ماه آبی	روز آبی	کل جامدات محلول (TDS)	میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر									
					بی‌کربنات	کلر	سولفات	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم			
بصیرآباد	۸۷	۶	۳۱	۳۸۳۱	۳/۳	۸/۶	۵۷/۷	۱/۵	۱/۶	۱۱	۱/۰			
بصیرآباد	۸۷	۷	۸	۷۸۰۳	۵۶/۳	۱/۱۱	۳/۳۱	۶/۸	۲۱	۸۷/۲	۶۰/۰			
بصیرآباد	۸۷	۸	۳	۱۲۷	۸/۳	۶/۳	۵/۵	۲/۳	۵/۳	۸	۱۱/۰			
بصیرآباد	۸۷	۶	۵	۵۶۷	۵/۳	۶/۵	۶/۵	۳/۳	۲/۳	۷/۸	۱/۰			
بصیرآباد	۸۷	۵	۵۲	۵۶۵	۷/۳	۵/۳	۵۷/۱	۱/۳	۵/۱	۳/۳	۶۰/۰			
بصیرآباد	۸۷	۳	۶۱	۷۶۵	۷/۳	۶/۱	۵۶/۲	۶/۲	۳/۳	۱۸/۳	۷۰/۰			
بصیرآباد	۸۷	۱۱	۱۱	۲۰۲۱	۵	۱/۵۱	۱/۲۱	۷/۵	۱/۶	۱/۸۱	۳/۰			
بصیرآباد	۸۷	۱۰	۶۱	۳۱۳۳	۱/۵	۷/۲	۲۰/۲	۷/۷	۲۱	۳/۳۱	۳۳/۰			
بصیرآباد	۸۷	۶	۳۱	۳۸۱۱	۳/۳	۱/۷	۵۱/۷	۵/۱	۱/۸	۱۱	۱/۰			
بصیرآباد	۸۷	۷	۲۱	۳۸۱۱	۳/۳	۱/۷	۵۱/۷	۵/۱	۱/۸	۱۱	۱۰/۰			
بصیرآباد	۸۷	۸	۶	۳۰۵۱	۱/۳	۵/۲۱	۵/۸	۳/۳	۳/۶	۳/۳۱	۳۱/۰			
بصیرآباد	۸۷	۶	۸۱	۷۶۵	۷/۳	۶/۱	۵۶/۲	۶/۲	۳/۳	۱۸/۳	۷۰/۰			
بصیرآباد	۸۷	۶	۸۱	۵۳۱۱	۵	۶/۱	۵/۲۱	۳/۶	۷/۶	۱/۸۱	۳/۰			
بصیرآباد	۸۷	۳	۲۱	۷۵۷	۶/۳	۸/۳	۷/۳	۵/۳	۶/۳	۷۶/۵	۶۰/۰			
بصیرآباد	۸۷	۲	۶	۵۳۳۳	۸/۳	۷/۲	۱/۲	۵/۸	۳/۱	۲/۳	۱۱/۰			
بصیرآباد	۸۷	۲	۶۱	۳۰۸	۶/۳	۸/۳	۲۵/۲	۶/۲	۶/۳	۳/۳	۷۰/۰			
بصیرآباد	۸۷	۱	۸۱	۱۶۵۴	۶/۳	۶/۳	۷/۳	۳/۱	۳/۶	۵/۶۳	۳/۰			

با استفاده از مدل گیس (۱۹۷۰) که بیانگر مکانیسم حاکم شیمی آب‌های زیرزمینی است، می‌توان بر طبق تغییرات در نسبت $(Ca^{2+}+Na^+)/Na^+$ و $(Cl^-+HCO_3^-)/Cl^-$ به عملکرد TDS به طور وسیع به ارزیابی و رسم نمونه جهت تعیین منشأ یون‌های محلول پی‌برد.



شکل ۶-الف) نمودار گیس برای خاک‌های ۳ منطقه (آب‌های زیرزمینی و سطحی).



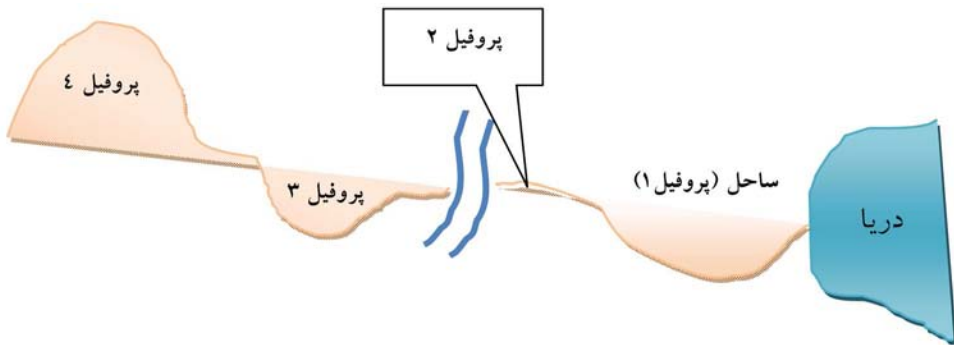
شکل ۶-ب) نمودار گیس برای خاک‌های ۳ منطقه (آب‌های زیرزمینی و سطحی).

شرایط محیطی (شرایط آب و هوای خشک تا نیمه خشک) نیز سبب تغییر شیمیایی آب‌های زیرزمینی به طرف ناحیه تبخیری غالب می‌شود که این شرایط آب و هوایی در تمامی این نقاط وجود دارد.

1- Total dissolved solids (TDS)

اطلاعات به دست آمده از تجزیه شیمیایی هر سه منطقه بر روی نمودار گیسس^۱ (شکل ۶- الف و ب) تمرکز نقاط را در ناحیه سمت راست نشان می‌دهد و بیانگر این مسأله است که تبخیر پارامتر غالب کنترل شیمی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. انتظار می‌رود همان‌طور که تبخیر غلظت یون‌های تشکیل شده در اثر هوازدگی را افزایش می‌دهد، منجر به افزایش شوری نیز (افزایش کل مواد جامد محلول TDS) گردد. (البته در مورد پروفیل شماره ۴ به دلیل نزدیکی به مرز ترکمنستان اطلاعاتی موجود نبود که بتوان بر مبنای آن به منشأیابی نمک‌های موجود در آن پردازیم. ولی به نظر می‌رسد که در این منطقه تبخیر و تعرق بالا، رسوبات بادرفتی و یا سازندهای مارن اطراف که صاف شده‌اند، می‌توانند عامل شوری باشند.

می‌توان مدل زیر را در بررسی شوری پروفیل‌ها ارائه کرد. پروفیل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ همه در اراضی پست (پلایا) واقع هستند. پوسته نمکی (به‌طور عمده متشکل از یک لایه کلرور سدیم) در واقع توده شورابه دریاچه‌ای است که به دلیل اشباع بودن از املاح (کلرور سدیم) و تبخیر بالا، به‌صورت یک لایه سخت نمک در سطح این پروفیل‌ها تشکیل یافته است.



آب زیرزمینی در پوسته نمک سطحی به‌صورت شورابه اشباع در خلل و خرج بین کریستال‌های آن قرار گرفته که تشکیل سفره آب زیرزمینی فوقانی در پلایا را می‌دهد. نمک‌های جامد تا محلول در شورابه پلایاها چه به‌صورت شورابه سطحی یا شورابه زیرزمینی که ترکیب آنها متأثر از جنس

۱- در این نمودار اگر تمرکز نقاط در سمت راست در بالا باشد نشان‌دهنده محیط تبخیری، در سمت چپ محیط با منشأ مواد مادری و در گوشه سمت راست در پایین محیط بارشی را بیان می‌کند.

سنگ‌های سازنده‌های موجود در کل حوضه آبریز می‌باشند، برحسب میزان حلالیت و درجه اشباع خود تشکیل زوناسیون ترکیبی را در پلایاها می‌دهند. به طوری که شورابه زیرزمینی به ترتیب از تیپ کربناته شروع شده و به تدریج تبدیل به شورابه تیپ سولفات کلسیم (تشکیل دهنده پهنه‌های گچ تبخیری سطح حاشیه بعضی از پلایاها)، شورابه تیپ سولفات سدیم، شورابه تیپ کلرور سدیم (تشکیل دهنده پوسته نمکی) و سرانجام شورابه تیپ کلرور پتاسیم و منیزیم و کلسیم دیده می‌شوند. به گونه‌ای که در پروفیل‌های ۱، ۳ و ۴ نمک‌های کلرید سدیم (هالیت)، سولفات کلسیم (گچ) دیده شدند و نمک سولفات سدیم (میرابیلیت) فقط در پروفیل اول دیده شد.

نتیجه‌گیری

به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در سفره سطحی در پروفیل‌های ۱ و ۳ (کمتر از ۱/۵ متر) با شوری فوق‌العاده زیاد و نوسانات آن طی ماه‌ها و سال‌های مختلف و همچنین شور و قلیایی شدن خاک‌های منطقه تحت تأثیر آن، هرگونه اختلاف ارتفاع و شیب هر چند ناچیز در وضعیت اراضی از نظر میزان نفوذپذیری و زهکشی و در نهایت ماندابی و شور شدن آن نقش اساسی و کلیدی دارد. مهمترین و عمده‌ترین عوامل شور و قلیایی شدن مجموعه خاک‌های منطقه، سفره‌های آب زیرزمینی بی‌نهایت شور است که در عمق ناچیزی نسبت به سطح زمین واقع شده‌اند و در معرض تبخیر شدید قرار دارند. علاوه بر این وجود هرز آب‌های شور، وضعیت ژئومورفولوژیکی حاکم - از جمله توپوگرافی همواره چاله مانند و رسوبات با نفوذپذیری ضعیف و غیرکافی - موجب ماندابی و شور شدن اراضی شده است. در پروفیل ۴ به رغم سطح آب زیرزمینی بالا، تبخیر و تعرق بسیار بالا و سازنده‌های مارن اطراف (به دلیل وجود گچ زیاد) سبب شوری بالای خاک‌های آن گردیده است. از جمله مهم‌ترین نمک‌هایی که در این پروفیل‌ها شناخته شدند عبارت بودند از: گچ، هالیت، هگزا هیدریت و اپسومیت که منشأ این نمک‌ها به دلیل نزدیک بودن سطح آب‌های زیرزمینی به سطح خاک تبخیری شناخته شد.

منابع

- 1-Abtahi, A. 1977. Effect of a saline and alkaline ground water on soil genesis in semiarid southern Iran. *Soil Sci. Am. J.* 41: 583-588.
- 2-Betekhtin, A. 1956. A course of mineralogy. Peace publishers Moscov, Pp: 376-386.
- 3-Buck, B.J., Wolff, K., Merkle, D.J., and McMillan N.J. 2006. Salt Mineralogy of Las Vegas Wash, Nevada: Morphology and Subsurface Evaporation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 1639-1651.
- 4-Gibbs, R.J. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry, *science*17: 1088-1090.
- 5-Khormahi, F. 2006. Evolution, Physico-Chemical and Mineralogical properties of saline and sodic soils of Major series in Golestan Province. Gorgan. Researching proposal. 88p. (In Persian)
- 6-Mees, F. 2003. Salt mineral distribution patterns in soils of the Otjomogwa pan, Namibia. *Catena. J.* 54: 425-437.
- 7-Page, M.C., Sparks, D.L., Noll, M.R. and Henndricks, G.J. 1987. Kinetics and mechanism of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. *Soil. Soc. Am. J.* 51: 401-408.
- 8-Palach, C., Berman, H. and Frondel, C. 1957. Dana's system of mineralogy, 7th edition. 2:494. 509-513.
- 9-Raghimi, M. 2005. Surface hydrochemical and mineralogical properties of saline lake. Gorgan. Researching proposal. 63p. (In Persian)
- 10-Smith, M.S., Kirste, D., and Bear McPhail, D. C. 2004. Mineralogy of alkaline-saline soils on the Western slopes of Northern New South Wales. CRC LEME, Pp: 330-334.
- 11-Soil Survey Staff. 2010. Soil Taxonomy. USDA. Handbook. No. 436. U. S. Gvt. Printing office, Washangton. D. C. 754p.
- 12-Timpson, M.E., Richardson, J.L., Keller, L.P., and McCarthy, G.J. 1986. Evaporation mineralogy associated with saline seeps in southwestern North Dakota. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 490-493.
- 13-Wongpokhom, N., Kheoruenromne, H., Suddhiprakarn, A., and Gilkes, R.J. 2008. Micromorphological properties of salt affected soils in Northeast Thailand. *Catena. J.* 144: 158-170.
- 14-World reference base for soil resources (WRB). 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(1), 2012

<http://jwfst.gau.ac.ir>

Physico-chemical properties and electron microscopic studies of saline and sodic soils in Golestan Province

***M. Mohamadnezhad¹, F. Khormali² and M. Raghimi³**

¹M.Sc. Graduated Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Associate Prof., Dept. of Geology, Golestan University

Received: 2010/11/06; Accepted: 2011/11/19

Abstract

Golestan Province considered as a major agricultural region, contains a vast area of salt affected soils in the northern parts originated mainly from the near surface water table and/or high evaporation. The present study was performed to investigate the physico-chemical and mineralogical properties of saline-sodic soils and to determine the concentrations of salts, identification of the type of salts and their sources. For this purposes, four profiles were selected and sampled at the north of Gorganrood and south of Atrak river basins based on the available maps and studies at the North and South of Gorganrood. These profiles were located in the different distances (km) from the Caspian Sea. Profiles number 1 and 2 are closer to the sea and the distance increases towards the profiles number 3 and 4. All the routine physico-chemical analyses were carried out on the sampled soil horizons. Profiles 1 and 3 were classified as Aquisalids and profiles 4 and 2 classified as Haplosalids and Cambids based on the Soil Taxonomy. In WRB system all of the profiles except profile number 2 that is classified as Cambisols, are classified as Solonchaks. To identify the types of salts, at first XRD analysis was carried out on the powder sample and then SEM/EDS analyses was done. Gibbs chart was used to determine the source of these salts. The salts identified by XRD analyses included gypsum, halite, hexahydrite, epsomite and mirabilite. Gypsum in the profiles was found at the surface and subsurface horizons in the form of lenticular crystals. Halite was also present in the profiles at the both surface and subsurface horizons. Epsomite in profile 1 was observed at the surface and in profile 3 at the subsurface horizons. Mirabilite was observed only in profile number 1 at the surface horizon. The source of these salts in these zones based on the results of the cation and anion analyses of the available ground and surface water and using the Gibbs modeling was recognized as evaporate minerals.

Keywords: SEM/EDS electron microscope, Mineralogy, Ground water, Evaporation

* Corresponding Author; Email: m.mohamadnezhad@gmail.com