فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ٦ (١٣٨٩)، شماره ٣: ١٨١-١٧٠
www.appliedgeology.ir

محیط زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی محل رویش گیاه دارویی پونه‌سای کرک ستاره‌ای در سنگ‌های آذرین شیرکوه یزد

عزت اسلامی‌زاده*[1] و شهرام سامانی‌راد[2]

۱) گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافق، meslamizadeh@bafgh-iau.ac.ir

۲) سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ٨٩/٥/١٤ ؛ دریافت اصلاح شده: ٨٩/٧/٣٠ ؛ پذیرش: ٨٩/٨/٢ ؛ قابل دسترس در تارنما: ٩٠/٣/٩

چکیده

گونه‌ای گیاه دارویی از تیره نعناع به نام پونه‌سای کرک ستاره‌ای، در محدوده برفخانه طزرجان، در دامنه های شیرکوه واقع در جنوب غرب یـزد یافـت می‌شود. در این تحقیق، محل پیدایش این گیاه کمیاب، از دیدگاه پترولوژی و زمین بوم‌شناسی(Geoecology) مورد بررسی قرار گرفت تا عوامل اصـلی رشد گیاه در این ناحیه خاص، شناسایی گردد. بررسی‌های زمین بوم‌شناسی، رابطه متقابل خاک و گیاه بـا شـرایط زمـین‌شناسـی را نشـان مـی‌دهـد. در پژوهش‌های اخیر، ضرورت انجام این نوع تحقیقات بین رشته ای و مشترک دیده می شود. این مطالعه عمدتاً براساس بازدید صحرایی، تعیین ویژگی‌های محیط زیست گیاه، نمونه گیری از خاک و سنگ، آنالیزهای شیمیایی و مطالعات میکروسکپی مقاطع نازک صورت گرفته است. نتایج نشان مـی‌دهـد، کـه گرانودیوریت، گرانیت دومیکا و مونزوگرانیت، سنگ‌های تشکیل دهنده مکان رویش گیاه هستند. مقادیر آهن، منیزیم و کلسیم در خاک محل رویش گیاه، از میانگین عادی سنگ‌های گرانیتی بالاتر است که دلیل آن، ترکیب سنگ‌شناسی ویژه و کانی های موجود در گرانیتوئیدهای شیرکوه است. دگرسانی این سنگ‌ها و وجود سنگ آهک و کنگلومرا در منطقه، عناصر لازم برای رشد پونه کرک ستاره‌ای را در دامنه ارتفاعات میانی شیرکوه فراهم ساخته است.

واژه‌های کلیدی: سنگ‌های آذرین، زمین بوم‌شناسی، شیرکوه، پونه‌سای کرک ستاره‌ای، گیاه دارویی.

۱- مقدمه

در پژوهشی کـه توسـط زارع زاده و همکـاران (الـف-١٣٨٦)، بـرای ایجاد یک بانک ژن زنده گیاهان دارویی به منظور جلوگیری از انقراض گیاهان دارویی خودرو و تشخیص سازگاری آن‌ها در کلکسیون گیاهان دارویی یزد به عمل آمد، تنها حدود ٧٧/٧ درصد گیاهان، مراحل رشد (phenology) خود را کامل کردند و بقیه یا به حالت رویشی ماندنـد، یا خشک شده و یا اصلاً سبز نشدند.

وقوع این اتفاق، مطالعه دقیق‌تر محـیط زیسـت گیاهـان دارویـی، بـه خصوص انواعی که در شرایط زمین‌شناسی خـاص رشـد مـی کننـد را آشکار می‌سازد. به همین دلیل در سال‌های اخیر، تحقیقات مشـترک در علوم رواج یافته است. یکی از این موارد، بررسی‌های زمین بوم‌شناسـی یا ژئواکولوژی است که به بررسی روابط متقابل خاک و گیاه با شـرایط زمین‌شناسی می پردازد و اطلاعات جامعی در باره محیط زیست گیاه و شـرایط رویـش آن در اختیـار محققـین قـرار مـی‌دهـد (Forrest & Miller-Rushing 2010, Richardson et al. 2010).

ارتفاعات شیرکوه در جنوب غرب یزد، محل رویش گونه ای خـاص از گیاه پونه است که خواص دارویـی دارد و نـام آن پونـه‌سـای کـرک ستاره‌ای است. این ناحیه متشکل از سنگ‌های آذرینی است که بـر اثـر هوازدگی، خاک مورد نیاز گیاه را تأمین کرده اند.

ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی این سنگ‌هـا در ایـن نوشـتار بررسـی شده است. رویش گونه‌های خاصی از یک گیاه، در بخش‌هایی از یـک منطقه، سبب می‌شود که سنگ و خاک آن ناحیـه خـاص، کلیـد مهمـی برای جغرافیای زیستی و سیر تکاملی گیاه باشـد (Alexander et al. 2007).

ترکیب دانش زمین‌شناسی با گیاه‌شناسی و محیط‌زیست آن (اکولوژی)، رابطه متقابل این علوم را توضیح می‌دهد.

اکولوژی به ندرت اطلاعات جامعی راجع به سنگ‌ها و خاک‌ها در اختیار قرار می‌دهد. بنابراین برخی پژوهشگران با به کارگیری واژه زمین بوم‌شناسی (Geoecology) به معنی مطالعات مشترک زمین‌شناسی و اکولوژی، سعی در پر کردن این جای خالی نموده‌اند.

جنس پونه‌سا در ایران دارای ٦٧ گونه است که به صورت خودرو در بسیاری از نقاط کشور می روید. تمام گونه‌های پونه‌سا ارتفاع‌پسند هستند. پونه‌سای کرک ستاره‌ای، در مناطق کوهستانی با بلندای بیش از ۲۰۰۰ متر، در شیرکوه یزد یافت می‌شود. (زارع زاده و همکاران، ب-١٣٨٦). اهمیت این گونه گیاهی به دلیل خواص درمانی منحصر به فرد آن، به خصوص در مقابله با برخی باکتری های مولد بیماری‌های عفونی است. این گیاه در ارتفاع ٢٤٥٥ متری دامنه های شیرکوه در محل برفخانه طرزجان، در جنوب غرب یزد، مورد مطالعه قرار گرفته است (Eslamizadeh & Samanirad 2010).

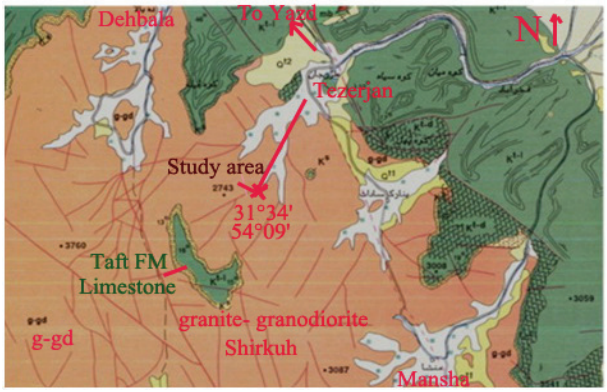
این تحقیق به منظور مشخص کردن عواملی که سبب رویش گونه گیاهی خاص در این محل ویژه شده انجام گرفته است و در آن پترولوژی و زمین بوم‌شناسی محل رویش گیاه، با استفاده از مشاهدات صحرایی، نمونه برداری از خاک و سنگ، مطالعات میکروسکپی و آنالیزهای شیمیایی، بررسی شده است. نتیجه این مطالعات، به ویژه کانی‌شناسی سنگ‌ها و همچنین فاکتورهای مؤثر در رشد گیاه پونه‌سا، به طور مشروح در پی خواهد آمد.

۲- موقعیت جغرافیایی

محدوده مطالعاتی در استان یزد، در ۱۸ کیلومتری جنوب غرب شهرستان تفت و ٤/٥ کیلومتری جنوب غرب روستای طرزجان قرار دارد. عرض جغرافیایی محل ″٣١ ′٣٤ °٣١ شمالی، طول ″٤٠ ′٠٩ °٥٤ شرقی و ارتفاع از سطح دریا ٢٤٥٥ متر است. این منطقه که برفخانه طرزجان نامیده می‌شود، به صورت دره باریکی در میان قله های مرتفع شیرکوه قرار دارد (تصویر ۱). ارتفاع بلندترین قله محدوده ٣٧٢٦ متر است که در تمام مدت سال پوشیده از برف می‌باشد. گونه پونه‌سای کرک ستاره‌ای در کنار جویبارهای همیشه جاری که از ذوب برف منشاء می‌گیرند، یافت می‌شود.

۳- مواد و روش‌ها

در این تحقیق، علاوه بر گزارشات موجود و نتایج مطالعات قبلی، از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ یزد نیز استفاده شده است. عملیات صحرایی به منظور بررسی زیستگاه پونه‌سای کرک ستاره‌ای و



تصویر ۱- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ یزد، تهیه شده توسط حاج ملاعلی و مجیدی فرد (۱۳۷۹) که با اعمال تغییرات، موقعیت محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.

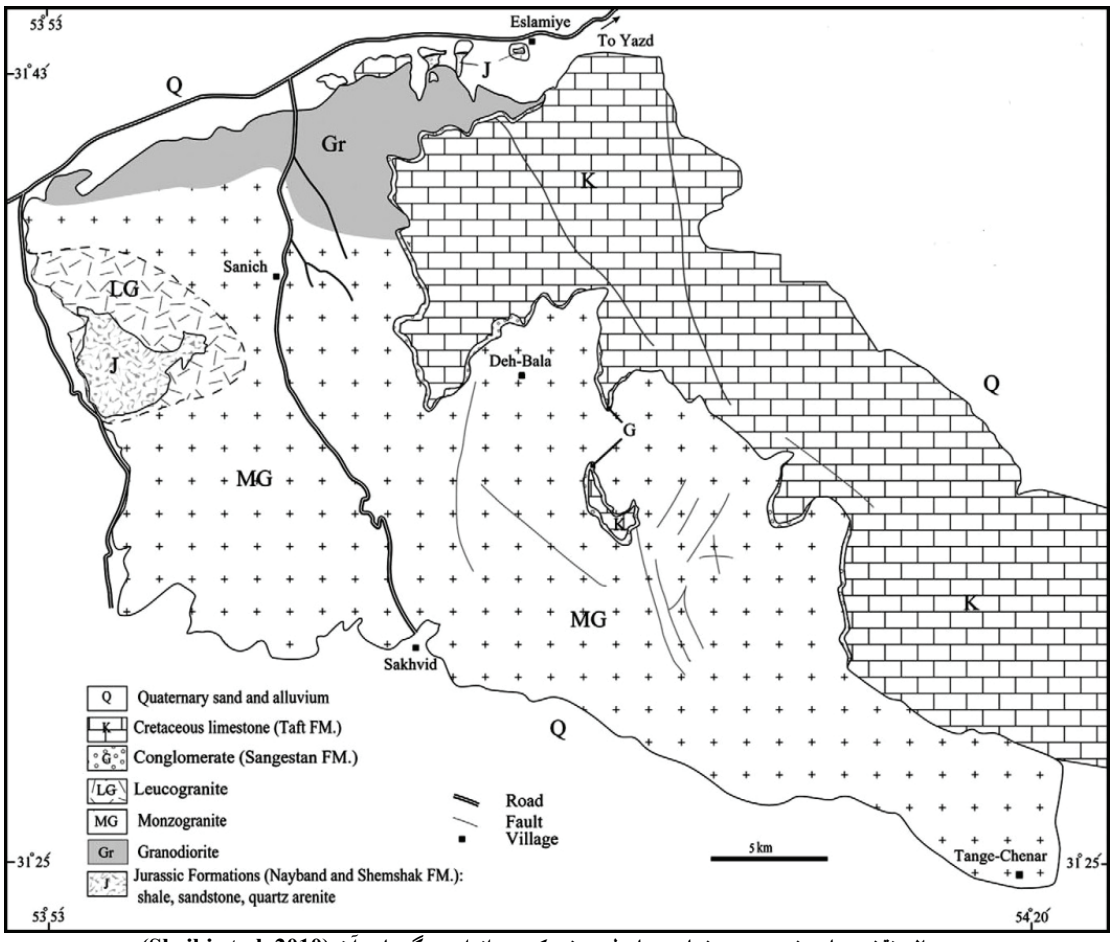
جمع‌آوری نمونه‌هایی از سنگ و خاک محل رویش گیاه، در زمستان ۱۳۸۸ در دامنه های شیرکوه انجام شد. ابتدا به منظور شناسایی ترکیب شیمیایی خاک، از خاک در برگیرنده ریشه گیاه، در عمق ۳۰ سانتیمتری در محلی با مختصات ٠٢٣٠٥٦٧ و ٣٤٩٦٨٦٣ UTM 40R نمونه‌برداری شد. همچنین تعدادی نمونه سنگ از سطح زمین در اطراف ساقه گیاه جمع آوری و نمونه‌ها به آزمایشگاه ارسال گردید. تعدادی نمونه نیز از سنگ‌های گرانیتی موجود در محدوده پیدایش گیاه پونه‌سا برداشت و از آن‌ها تیغه نازک تهیه شد. مطالعات میکروسکپی بر روی مقاطع نازک انجام گرفت. همچنین با استفاده از روش‌های پراش پرتو ایکس(XRD)، فلوئورسانس پرتو ایکس (XRF) و روش طیف سنجی جرمی گسیل پلاسمای جفتیده القایی (Inductively Coupled Plasma Emission Mass Spectrometry, ICP-MS) ترکیب کانی‌شناسی و شیمیایی سنگ‌ها و مقدار عناصر موجود در خاک و سنگ‌های محل رویش گیاه تعیین و نتایج آنالیز شیمیایی با استفاده از نرم افزار اکسل (Excel) به صورت نمودار ترسیم گردید. روش مطالعه در این تحقیق، بر پایه مطالعات صحرایی، بررسی نمونه‌های سنگی تازه و دگرسان شده و پتروگرافی بیش از ۱۰ نمونه و همچنین تجزیه شیمیایی انجام گرفته است. مطالعات میکروسکپی در آزمایشگاه سنگ‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافق و آنالیزها توسط شرکت زرآزما در تهران انجام شده است.

۴- زمین‌شناسی

باتولیت گرانیتی شیرکوه با مساحت بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع همراه با توده های گرانیتوئیدی کوچکتر، در ٤٠ کیلومتری جنوب غرب یزد، در محدوده عرض‌های ′٢٣ °٣١ تا ′٤٥ °٣١ شمالی و طول‌های ′٢٠ °٥٣ تا ′٥٠ °٥٤ شرقی واقع شده است. تصویر ۲ نقشه، زمین‌شناسی باتولیت شیرکوه وانواع سنگ‌های آن را نشان

می‌دهد (Sheibi et al. 2010). با توجه به سن پرتوسنجی و جایگاه چینه‌شناسی، گرانیت شیرکوه در زمان ژوراسیک میانی تشکیل شده و در ارتباط با فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی است (مجیدی فرد ۱۳۷۵، Berberian & King 1981).

ایران مرکزی در ابتدا بخشی از گندوانا بود که از طریق پالئوتتیس از صفحه اوراسیا جدا می‌شد. در تریاس، حرکت رو به شمال ایران مرکزی سبب اتصال آن به صفحه اوراسیا شد. در همین زمان وقوع ریفت در محل فعلی زاگرس سبب باز شدن یک اقیانوس به نام نئوتتیس گردید. با از بین رفتن پالئوتتیس، پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی فرو رفت. این فرورانش سبب فعالیت های آذرین مانند تزریق گرانیت شیر کوه در میان خرد قاره ایران مرکزی شده است (Berberian & Berberian 1981). پس از آن در ژوراسیک پایانی تا کرتاسه آغازی، رخداد کیمرین پسین، موجب فرسایش گرانیت شیرکوه و تشکیل سازند سنگستان شامل کنگلومرا و ماسه سنگ شده که با ناپیوستگی آذرین پی، بر روی گرانیت شیرکوه قرار گرفته است (خسرو تهرانی و وزیری مقدم ۱۳۷۲). پیشروی دریا در کرتاسه زیرین (بارمین – آپتین) باعث نهشته شدن آهک‌های ضخیم لایه سازند تفت با ناپیوستگی همشیب، بر روی سازند سنگستان شده است (مجیدی فرد ۱۳۷۵). آهک‌های سازند تفت بلندترین ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند (تصویر۳).



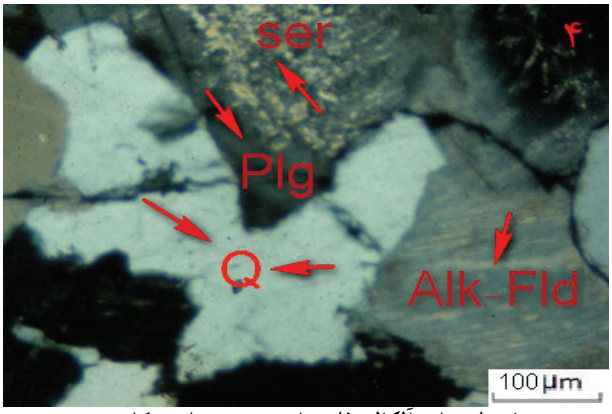
تصویر ۲- نقشه ساده شده زمین‌شناسی باتولیت شیرکوه و انواع سنگ‌های آن (Sheibi et al. 2010)

۵- پتروگرافی و ژئوشیمی

مطالعات میکروسکپی سنگ‌ها در محدوده مورد مطالعه، نشانگر ترکیب گرانیتوئیدی آن‌ها است. صفت گرانیتی فقط در مورد سنگ گرانیت به کار برده می‌شود در حالی‌که اصطلاح گرانیتوئید به تمام سنگ‌هایی که ترکیب آن‌ها از تونالیت تا آلکالی فلدسپار گرانیت متغیر است اطلاق می گردد (Clarke 1992). بنابراین سنگ‌های این منطقه با درصد متفاوتی از کانی‌های تشکیل‌دهنده، در محدوده گرانیتوئیدها قرار می‌گیرند. بافت این سنگ‌ها گرانولار و گاهی گرانوفیریک است. در سنگ‌های کمتر دگرسان شده، بلورهای درشتی از آلکالی فلدسپار پرتیتی و بلورهای تخته‌ای پلاژیوکلاز دیده می شود.

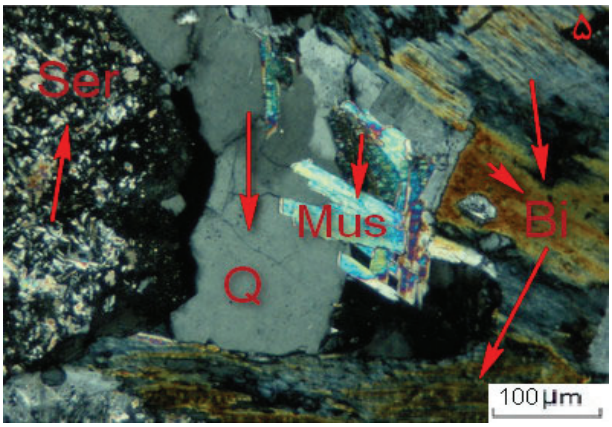
بلورهای پلاژیوکلاز تا حدی سریسیتی شده‌اند (تصویر ٤).

تصویر ٣- نمایی از آهک‌های سازند تفت همراه با ماسه سنگ و کنگلومرای سازند سنگستان (S+C) که بر روی گرانیت شیرکوه در مجاورت محل مورد مطالعه قرار دارند.



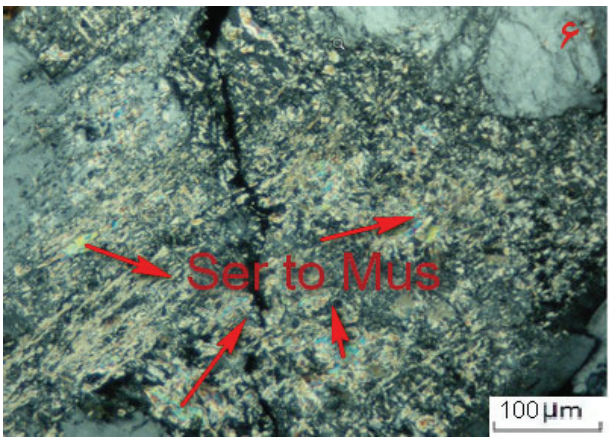
تصویر ٤- بلورهای آلکالی فلدسپار پرتیتی و پلاژیوکلاز سریسیتی

بیوتیت و موسکویت کانی های فرعی بوده و حدود ١٥ درصد نمونه را تشکیل می‌دهند که حدود ١٠-٨ درصد مربوط به بیوتیت و ٥-٣ درصد مربوط به موسکویت است. به طور کلی تیپ سنگ‌های مطالعه شده شامل گرانیت دومیکا، گرانودیوریت، گرانیت و مونزوگرانیت است. در نمونه‌های مطالعه شده، دو نوع موسکویت مشاهده می‌شود که یک نوع آن بلورهای مجزا و بدون ارتباط با پلاژیوکلاز است (تصویر٥).



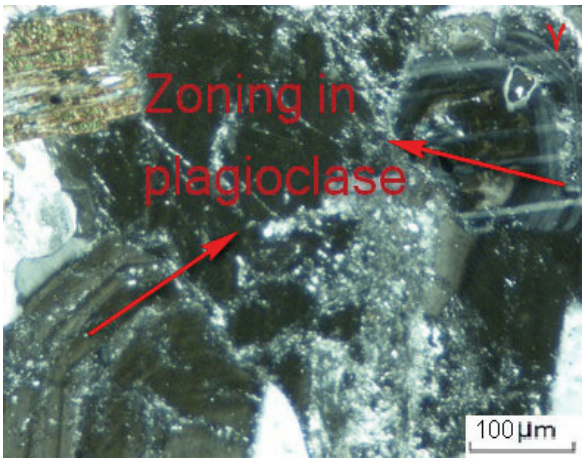
تصویر ٥- بلورهای موسکویت اولیه

نوع دیگر موسکویت، از تبلور مجدد سریسیت‌هایی به وجود آمده است که خود حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز هستند (تصویر ٦).



تصویر ٦- بلورهای موسکویت حاصل از تبلور مجدد سریسیت

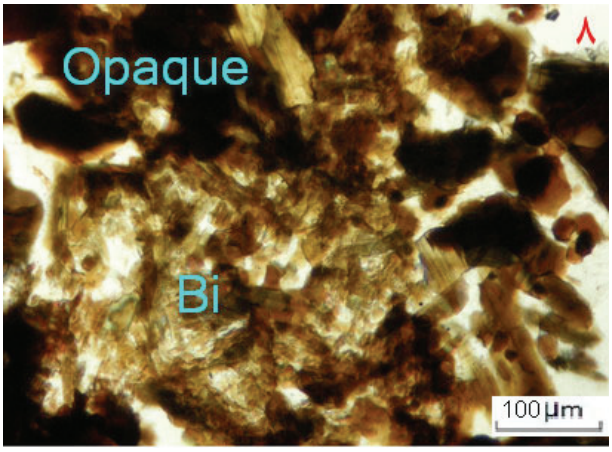
بلورهای پلاژیوکلاز گاهی ساختمان منطقه‌ای (Zoning) نشان می‌دهند (تصویر٧).



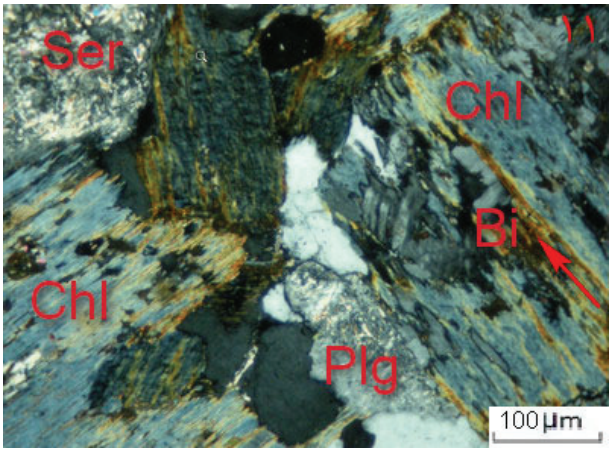
تصویر ٧- پلاژیوکلاز با ساختمان منطقه‌ای

ساختمان منطقه‌ای در فلدسپار پلاژیوکلاز معمولاً نشان دهنده تغییر ترکیب بلور است و به این واقعیت اشاره دارد که ترکیب محلولی که بلور از آن منشاء گرفته، تغییر یافته است. بیشتر کانی‌ها دارای یک ترکیب ثابت نیستند و به یک گروه محلول جامد تعلق دارند. همینطور که بلور رشد می‌کند، لایه های بیرونی از نظر ترکیب، با لایه های درونی متفاوت می‌شوند. این وضعیت به جز مواردی که تغییرات بسیار جزئی است، معمولاً سبب تغییر خصوصیات نوری قابل مشاهده در بلور می‌شود (Mackenzie & Adams 1994).

بلورهای بیوتیت شدیداً کلریتی شده و گاهی به کانی‌های کدر تغییر یافته‌اند (تصویر ٨).



تصویر ۸- بلورهای بیوتیت کلریتی و اوپاسیتی شده



تصویر ۱۱- بلورهای بیوتیت کلریتی شده

بلورهای بیوتیت در آنکلاوها حضوری چشمگیر دارند، تصویر ۹ یک نمونه از این آنکلاوها را در فازهای جوانتر گرانیت شیرکوه در منطقه علی آباد و تصویر ۱۰ نمونه دیگری از این آنکلاوها را در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد.

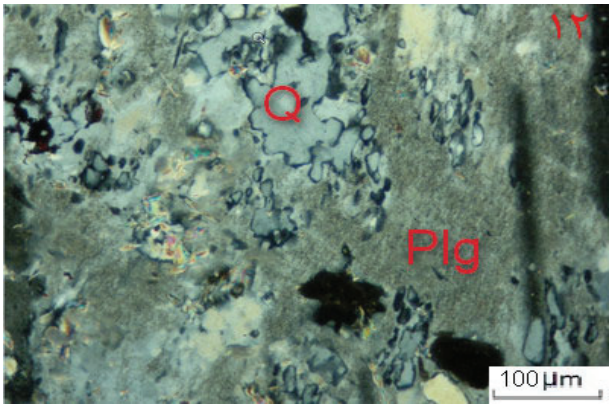
بلورهای بیوتیت شدیداً کلریتی شده، همراه با کانی‌های کربناته در آنکلاوها دیده می‌شوند (تصویر ۱۱).

تصویر ۹- آنکلاو در گرانیتوئید شیرکوه در محل علی آباد

کانی کلریت با توجه به پایداری و ترکیب، دارای محدوده وسیعی از محلول جامد است. عناصر اصلی جانشین شونده در کلریت، Li^{3+}, Mn^{2+} , Fe^{3+}, Al^{3+} هستند که به جای Fe و Mg قرار می گیرند. معمولاً یون Al^{3+} جانشین Fe^{3+} می‌شود. آنکلاوهای میکروگرانولار در مقایسه با سنگ‌های در برگیرنده، رنگ تیره تر و کانی‌های مافیک بیشتری داشته و به طور قابل توجهی دانه ریزتر هستند. ریز دانه بودن آنکلاوها، نشان دهنده شرایط خاص تبلور آن‌ها، یعنی سرد شدن سریع ماگما است.

در مورد منشاء آنکلاوها می توان گفت که احتمالاً واکنش بین پوسته و گوشته در تشکیل آن‌ها نقش داشته و تبادلاتی بین گوشته و مواد پوسته‌ای تا حدی ذوب شده، صورت گرفته است. در این حالت، گوشته گازهای خود را از دست داده و پوسته‌ای گرم با موادی فرار از قبیل F, H_2O, Cl ایجاد می‌کند. این مواد به وسیله سیالات متاسوماتوز کننده، به بخش‌های بالاتر حمل می‌شوند. حالت دوم، آن است که ماگمای مافیک، مواد پوسته را ذوب کرده و ماگمای گرانیتی تولید می‌کند. در سنگ‌های گرانوفیریک منطقه، کوارتز و فلدسپار به صورت هم رشد وجود دارند (تصویر ۱۲).

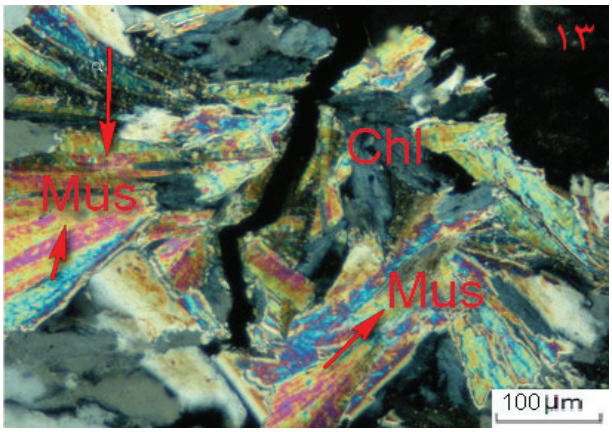
تصویر ۱۰- آنکلاو در گرانیتوئید شیرکوه در محدوده مورد مطالعه



تصویر ۱۲- همرشدی کوارتز وفلدسپار

بافت های گرانوفیریک می توانند بر اثر ورود آب به سیستم فلدسپار و تبلور یک فلدسپار سدیم – پتاسیم دار حدواسط تشکیل شوند.

به علاوه در بافت‌های گرانولار و گرانوفیریک، رشد پرتیتی ناشی از امتزاج‌ناپذیری(Exsolution) و بافت‌های جانشینی مانند جانشینی کلریت به جای بیوتیت و سریسیتی شدن دیده می‌شود (تصویر ۱۳).

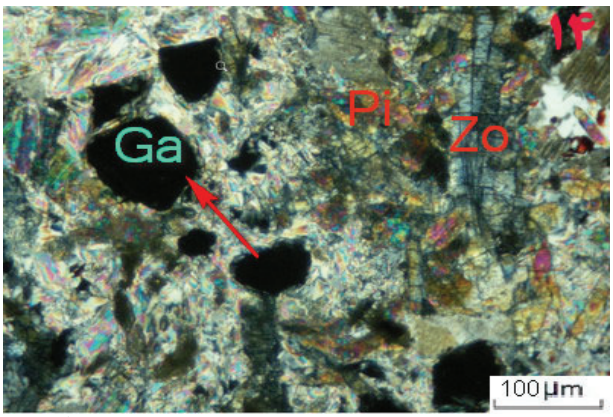


تصویر ۱۳- بلورهای موسکویت و بیوتیت که توسط کلریت جانشین شده‌اند.

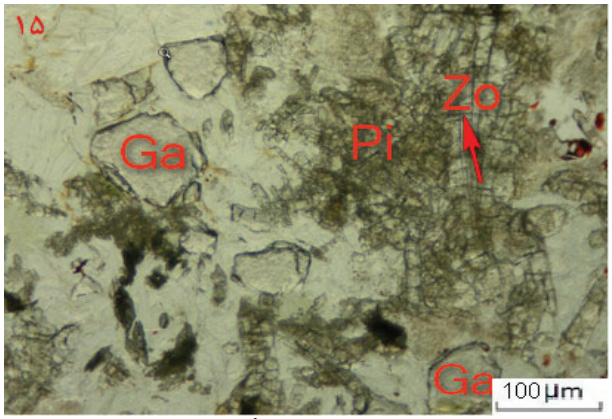
رشد بلور سریسیت، نیازمند وجود آب و یون K^+ است. K^+ از کلریتی شدن بیوتیت حاصل می‌شود. سپس K^+ با بخش آنورتیتی پلاژیوکلاز وارد واکنش شده و بخش‌های غنی از آنورتیت در پلاژیوکلازهای منطقه‌ای، به سریسیت تبدیل می‌شوند.

بر خلاف رشد یکنواخت کلریت در بیوتیت، یا اورالیت در پیروکسن، سریسیت عموماً دارای یک رشد غیر یکنواخت است و در اینجا بر اثر تبلور دوباره، به موسکویت تبدیل شده است (تصویر ٦). دگرسانی دیگری که در سنگ‌ها مشاهده می‌شود، سوسوریتی شدن می‌باشد که در آن بخش آنورتیتی پلاژیوکلاز، به اپیدوت (زوئیزیت و کلینوزوئیزیت) و بخش باقیمانده پلاژیوکلاز به آلبیت تبدیل شده است. همراه با آلبیت و اپیدوت، بلورهای سریسیت و کلسیت نیز دیده می‌شوند. سوسوریتی شدن، نشانه واکنش‌های هیدروترمال است. در بین نمونه‌های مورد مطالعه، سنگ‌های گرانوفیری دیده می‌شوند که در آن‌ها بلورهای پلاژیوکلاز کائولینیتی شده و مجموعه‌ای از کانی‌های کربناته، موسکویت، گارنت، پیستاسیت و زوئیزیت وجود دارد (تصاویر ١٤ و ١٥). حضور بلورهای گارنت می تواند نشانگر تیپ S و منشاء آناتکسی گرانیت شیرکوه باشد (اسلامی‌زاده و امامی ۱۳۸۲، Nabavi 1972).

مطالعات بعدی (Sheibi et al. 2010) نیز تائید کننده تیپ S و پرآلومینوس بودن این گرانیتوئیدهاست همچنین ترکیب عمده آن‌ها را گرانودیوریت تا مونزوگرانیت و لوکوگرانیت بیان می‌دارد. پراکندگی این گروه از سنگ‌ها در باتولیت شیرکوه در تصویر ۲ نشان داده شده است.



تصویر ١٤- مجموعه‌ای از کانی‌های کربناته، موسکویت، گارنت، پیستاسیت و زوئیزیت



تصویر ١٥- کانی‌های کربناته، موسکویت، گارنت، پیستاسیت و زوئیزیت در نور پلاریزه معمولی

بلورهای زیرکن دارای هاله رادیو اکتیو، در داخل بیوتیت ها دیده می‌شوند. گرانیتوئیدهای شیرکوه تا حدی تکتونیزه و خرد شده هستند. تغییر شکل کانی‌ها بر اثر فشار، در زیر میکروسکوپ دیده می‌شود که احتمالاً حاصل تأثیر فاز فشاری لارامین، در کرتاسه پایانی است که دقیقاً هم زمان با بسته شدن حوضه اقیانوسی باریک موجود در منطقه بوده است. در گرانیتوئیدهای شیرکوه، سه رخساره تشخیص داده شده که سن آن‌ها بعد از ژوراسیک و قبل از کرتاسه پایانی است. بر اساس ترکیب سنگ‌شناسی و سن جایگیری، این رخساره ها شامل گرانودیوریت، گرانودیوریت – گرانیت و گرانیت هستند (حاج ملاعلی و علوی نائینی ۱۳۷۱). رخساره اصلی توده نفوذی شیرکوه، گرانودیوریت، مونزوگرانیت، سینوگرانیت و تونالیت است. رخساره بعدی جوان تر بوده و با ترکیب عمده گرانودیوریتی، در زمان‌های بعد از کرتاسه جایگزین وفاقد سیلیکات‌های آلومینیم مانند کردیریت، آندالوزیت و سیلیمانیت می‌باشد که اغلب با رنگ روشن ظاهر شده

است. این در حالی است که رخساره اصلی شیرکوه، دارای کانی‌های سیلیکات‌های آلومینیم یاد شده و نیز کانی‌های مافیک بیشتری مانند بیوتیت و آمفیبول است. رخساره اصلی در گروه گرانیتهای تیپ S قرار می گیرد و پرآلومینوس است (زارعی‌سهامیه و امینی ۱۳۸۰، Sheibi et al. 2010).

این رخساره، دارای یک منشاء زیر پوسته‌ای مشتق از سنگ‌های رسوبی قدیمی و دگرگون شده غنی از پلاژیوکلاز (متاگریواک) است. رخساره جوانتر شیرکوه مانند گرانیتهای موجود در بخش‌های علی آباد و دره زرشک، ماهیت متاآلومینوس و کالک آلکالن دارند و در رده گرانیتهای تیپ I قرار می گیرند. به نظر می‌رسد این گرانیتها از سنگ‌های آذرین مافیک با ترکیب متوسط یا مواد زیر پوسته حاصل شده باشند (امینی و کلانتری سرچشمه ۱۳۷٦- اسلامی زاده و امامی ۱۳۸۲). سنگ‌های گرانیتی موجود در منطقه مورد مطالعه به خصوص نمونه‌هایی که خاک ماسه ای - سنگی برای رشد پونه کرک ستاره‌ای را ایجاد کرده اند، ویژگی‌های هردو رخساره را نشان می‌دهند. این قلوه سنگ‌ها از خرد شدن سنگ‌های بالادست به وجود آمده و توسط جریان آب حاصل از ذوب برف، به دامنه های شیرکوه حمل شده‌اند.

پونه کرک ستاره‌ای یک گیاه علفی چند ساله است و بخش‌های بالایی آن کاملاً با کرکهای ستاره مانند پوشیده شده است. ساقه‌ها به ارتفاع ٤٥ -۲۰ سانتیمتر، بالا رونده و تقریباً راست و دارای برگهای متراکم است (تصویر ١٦). عوامل محیطی مانند نوع خاک و درصد رطوبت آن، درجه حرارت محیط، ارتفاع از سطح دریا، زاویه تابش خورشید و توپوگرافی محل می تواند منجر به رویش گونه‌های خاصی از گیاهان در مکانی با شرایط ویژه گردد. میانگین بارندگی در ارتفاعات شیرکوه در حدود ۳۸۰ میلی متر در سال بر آورد شده است. مهم‌ترین ویژگی‌های اکولوژیک گیاه پونه‌سای کرک ستاره‌ای از تیره نعناع، به نقل از زارع زاده و همکاران (ب-١٣٨٦) در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی های اکولوژیک گیاه پونه سای کرک ستاره ای از تیره نعناع (زارع زاده و همکاران ب- ١٣٨٦)

نام گیاه	پونه سای کرک ستاره ای
نام علمی گیاه	Nepeta astrotricha
بافت خاک	شنی - لومی - رسی
نوع اقلیم	فراخشک سرد تا نیمه خشک سرد
درصد شیب	۷۰ - ۱۵
حداقل و حداکثر ارتفاع	۲۹٦۱-۱٤۸۰
متوسط درجه حرارت سالیانه (سانتیگراد)	۱۸/۱-۱٦/۱
متوسط بارندگی سالانه	۳۱۷-۱۱۷

متوسط سالیانه دما از پست ترین تا مرتفع ترین نقاط استان یزد بین ٦/٥ تا ۲۳ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند. حداکثرمطلق دما ٤٥/۸ و حداقل آن ۱۹/٥- درجه سانتیگراد در مجموع ایستگاههای هواشناسی به ثبت رسیده است. (زارع زاده و همکاران ب-١٣٨٦). پونه کرک ستاره‌ای در خاک دارای رطوبت زیاد و ماسه‌ای - سنگی (Stony sandy soil) در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری خاک در کنار جویبارهای شیرکوه رشد می‌کند (تصویر۱۷). این خاکها ناشی از هوازدگی گرانیت هستند. گرانیتهای مزبور مشابه گرانیتوئیدهای زاهدان (رهنماراد و دیگران، ۱۳۸۷) تحت تأثیر عوامل هوازدگی به ویژه هوازدگی فیزیکی و تخریبی قرار گرفته‌اند و بعضاً در محل رشد گیاه به طور درجا دچار هوازدگی شده‌اند.

میزان تبخیر در ارتفاعات، نسبت به مناطق کم ارتفاع، کمتر است به طوری که در ارتفاع ۲۰۰۰ متری، مقدار تبخیر ۳۷٥۰ میلی متر و در ارتفاع ۳۰۰۰ متری به مقدار ۲۲۰۰ میلی متر در سال برآورد می‌شود (زارع زاده و همکاران ب-١٣٨٦).

در محل رشد پونه کرک ستاره‌ای، خاک همیشه مرطوب است و الگوی ارتفاعی آن ممکن است ناشی از افزایش درشتی دانه های خاک گرانیتی در ارتفاعات بالاتر و در نتیجه کاهش فعالیت بیولوژیکی این نوع خاک باشد (تصویر ۱۸).

تصویر ١٦- گیاه پونه کرک ستاره‌ای

تصویر ۱۷- محل رویش پونه کرک ستاره‌ای

تصویر ۱۸- زیستگاه پونه کرک ستاره‌ای

پونه کرک ستاره‌ای یک گونه منحصر به فرد بوده و براساس مطالعات آزمایشگاهی، اسانس این گیاه بر روی برخی باکتریهای مولد بیماریهای عفونی اثرات کاملاً کنترلی دارد.

گیاهان برای رشد به ۱۶ ماده شیمیایی نیاز دارند، همچنین ممکن است مواد دیگر در مقادیر بسیار کم موثر باشند (Marschner 1995). آب و هوا دو منبع اصلی تأمین کننده عناصر مورد نیاز گیاه مانند کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و گوگرد هستند. همچنین عناصری مانند کلسیم، منیزیم، پتاسیم، آهن، منگنز، مس، روی، بور، مولیبدن و کلر مورد نیاز گیاهان می باشند (Bargagli 1998). اتمسفر وآب منشاء اصلی کربن، هیدروژن و اکسیژن هستند. این عناصر اجزاء سازنده برگ گیاهان هستند. اتمسفر از طریق میکروارگانیسم های خاک، نیتروژن را تأمین می کند که سازنده کلیه اسیدهای آمینه و پروتئینها است.

سولفیدهای موجود در خاک و همچنین اتمسفر، از طریق خاک می‌توانند گوگرد مورد نیاز برای ساختن برخی از پروتئینهای ضروری را تأمین کنند. مقدار گوگرد اندازه گیری شده در خاکها و سنگ‌های گرانیتی محدوده، از ۵۰ گرم در تن تا ٤٤٧ گرم در تن متغیر است. متوسط مقدار گوگرد سنگ‌های آذرین درونی اسیدی ۳۰۰ گرم در تن است(Alexander et al. 2007).

کانی آپاتیت ماده سازنده اسیدهای نوکلئیک مانند DNA ، RNA و فسفات ATP و ATP^{+} است که پیوندهای اصلی انتقال انرژی هستند. در نمونه‌های مطالعه شده آپاتیت دیده نمی‌شود.

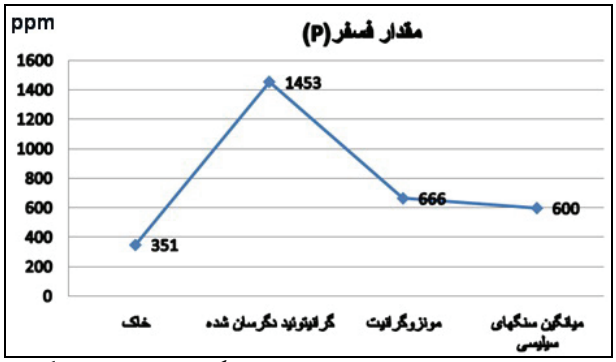
جهت تعیین میزان عناصر موجود درخاک که مورد نیاز گیاه است، از عمق ۳۰ سانتیمتری محل رویش پونه‌سا در مجاورت ریشه آن نمونه برداری شد و نمونه‌های سنگی از سطح زمین در کنار ساقه گیاه برداشت گردید و با روش طیف سنجی جرمی گسیل پلاسمای جفتیده القایی (ICP-MS) مورد آزمایش قرار گرفت و مقدار عناصر موجود در آن‌ها شناسایی شد. به منظور بررسی ترکیب ویژه ای که منجر به رشد گونه ای خاص از گیاه شده است، عناصری که عموماً مورد نیاز گیاه است و در خاک و سنگ‌های اسیدی محدوده مطالعاتی وجود دارد با میانگین مقدار این عناصر در سنگ‌های آذرین درونی اسیدی (Alexander et al. 2007) مقایسه شده است (جدول ۲).

جدول ۲- عناصر مورد نیاز گیاه در خاک و سنگهای محل رویش گیاه و مقدار میانگین این عناصر در سنگهای آذرین درونی اسیدی

گرم در تن (ppm)

عنصر	نمونه خاک	گرانیتوئید به شدت دگرسان شده	مونزوگرانیت	مقدار میانگین درسنگهای اسیدی
P	۳۵۱	۱٤۵۳	٦٦٦	٦۰۰
K	۱۲٤۹۸	۱۸٦۵۳	۹۹۱۸	٤۲۰۰۰
Ca	۱۲۱۰۱۱	۱۱۵۵۳	٤۲۷۲	۵۱۰۰
Mg	۲۲٤۹۵	٤۰۲۸	۹۵٦۷	۱٦۰۰
Fe	۱۵۱٤۱	۸٤۱۰	۳۱٦۷۱	۱٤۲۰۰
Mn	۳۰۵	۳۹۱	۵٦۰	۳۹۰
Cu	۹	۱٤	۳۵	۱۰
Zn	٤۰	٦	۵۵	۳۹

به طوری‌که در تصویر ۱۹ دیده می‌شود، مقدار فسفر خاک در عمق ۳۰ سانتیمتری درمحل ریشه ۳۵۱ گرم در تن است ولی در گرانیتوئیدهای دگرسان شده سطحی، میزان آن نسبت به مقدار میانگین سنگ‌های آذرین درونی اسیدی به شدت افزایش یافته است.

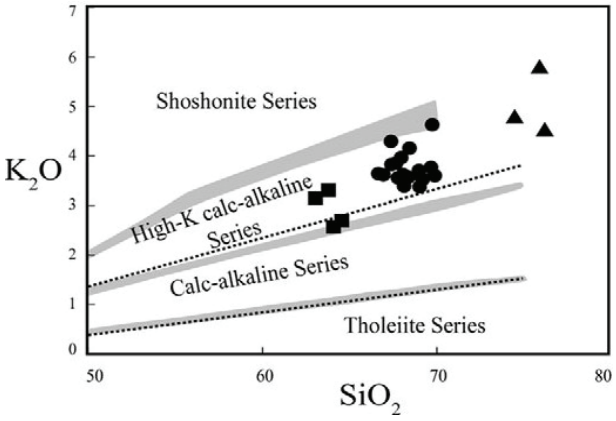


تصویر ۱۹- میزان فسفر موجود در خاک و سنگ‌های محل رویش گیاه

فلدسپار پتاسیک و میکا کانی‌های موجود در سنگ‌های گرانیتی هستند. عنصر پتاسیم یک کاتیون فراوان در سیتوپلاسم است و پتانسیل اسمزی را تنظیم می‌کند و در بسیاری از فرایندهای سلولی نقش اساسی دارد (Alexander et al. 2007).

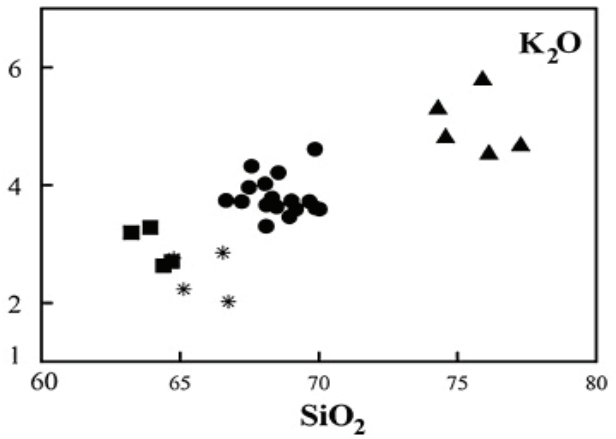
گرانیتوئیدهای شیرکوه همانطور که در تصویر ۲۰ دیده می‌شود از نوع کالک آلکالن پتاسیم بالا هستند، هرچند میزان پتاسیم در گرانودیوریتها و مونزوگرانیتها نسبت به لوکوگرانیتها پایین‌تر است. این

موضوع در روی نمودارهای دوتایی هارکر به خوبی دیده می‌شود(تصویر ۲۱). به نظر می‌رسد مقدار پتاسیم در خاک و سنگ‌های محل رویش گیاه به شدت کاهش یافته است. (تصویر۲۲).



تصویر ۲۰- گرانیتوئیدهای شیرکوه در گروه کالک آلکالن پتاسیم بالا قرار می گیرند (Sheibi et al. 2010)

■ گرانودیوریت ● مونزوگرانیت ▲ لوکوگرانیت

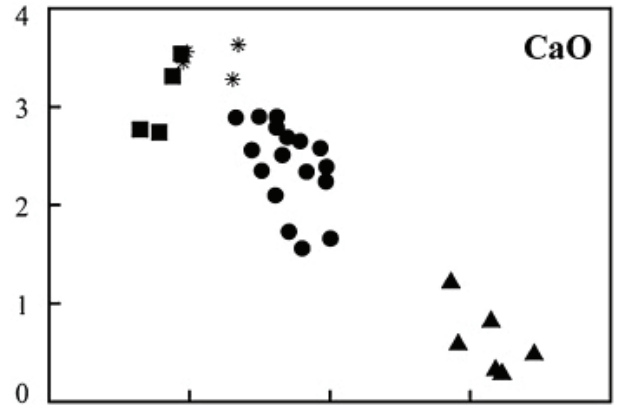


تصویر ۲۱- میزان پتاسیم در آنکلاوها ، گرانودیوریتها و مونزوگرانیتهای شیرکوه نسبت به لوکوگرانیتها پایین‌تراست. علامت * آنکلاوها را نشان می‌دهد و بقیه علائم مانند تصویر ۲۰ است (Sheibi et al. 2010)

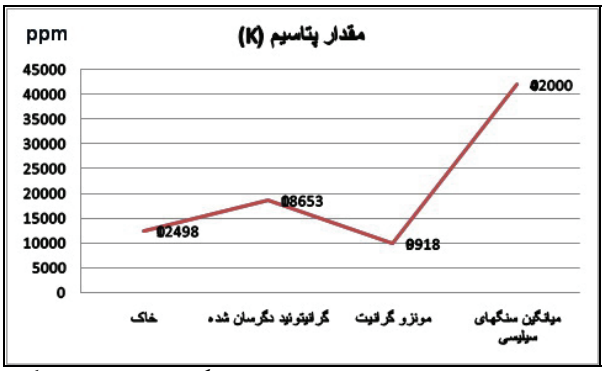
کانی‌های کلسیم‌دار مانند پلاژیوکلاز و پیستاسیت و آنکلاوهای کربناتی، منشاء کلسیم در سنگ‌های منطقه هستند. درصد اکسید کلسیم در آنکلاوها همانطور که در تصویر ۲۳ دیده می‌شود بالاتر از گرانیتوئیدهای در برگیرنده آن‌هاست.

کلسیم از اجزای اصلی ساخت دیواره سلول‌های گیاهی است و در هدایت سیگنالها و رشد سلولی نقش اساسی دارد. مقدار کلسیم در خاک محل رویش گیاه از میانگین سنگ‌های آذرین درونی اسیدی ونیز سنگ‌های گرانیتوئیدی موجود، بیشتر است (تصویر۲٤).

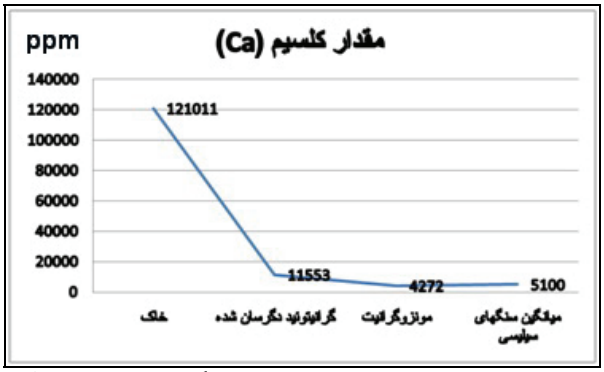
این امر عمدتاً به دلیل انحلال سنگ‌های آهکی کرتاسه که ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند و نیز وجود آنکلاوهای کربناتی در نمونه‌های مطالعه شده می‌باشد. الیوین، پیروکسن و آمفیبول، منبع عادی Mg در سنگ‌های مافیک است ولی سنگ‌های فلسیک مانند گرانیت فاقد چنین کانی‌هایی هستند. در ناحیه مورد مطالعه، بیوتیت منیزیم‌دار ممکن است منشاء Mg باشد. در سنگ‌های گرانیتوئیدی محدوده مورد مطالعه، بیوتیت فراوان ترین کانی سیلیکاته آهن - منیزیم دار با فراوانی ۱۰-۷ درصد است.



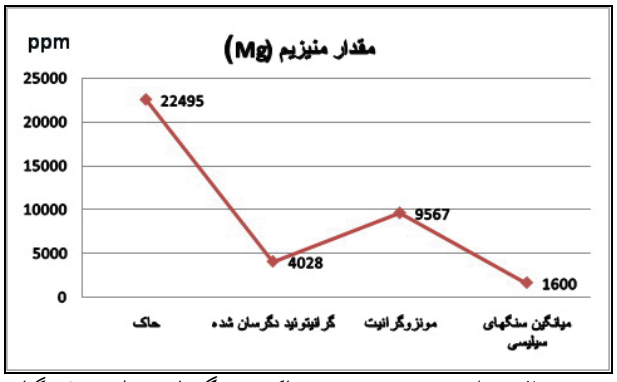
تصویر ۲۳- میزان کلسیم در آنکلاوها به بیش از ۳ درصد وزنی می‌رسد (Sheibi et al. 2010). آنکلاوها با علامت ستاره نشان داده شده‌اند و سایر علائم مانند تصویر ۲۰ است.



تصویر۲۲- میزان پتاسیم موجود در خاک و سنگ‌های محل رویش گیاه



تصویر ۲٤- میزان کلسیم موجود در خاک و سنگ‌های محل رویش گیاه

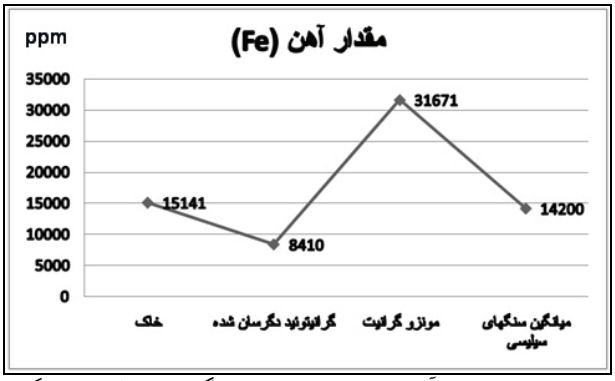


تصویر۲۵- میزان منیزیم موجود در خاک و سنگ‌های محل رویش گیاه

منیزیم یکی از اجزاء اصلی کلروفیل و فعال کننده بسیاری از آنزیمها است که در ساختن پروتئین نقش اساسی دارد. تصویر ۲۵ افزایش منیزیم خاک را نسبت به سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه نشان می‌دهد.

آهن نیز با توجه به شعاع یونی مشابه با منیزیم، در کانی‌های الیوین، پیروکسن و آمفیبول وجود دارد ولی چنین کانیهایی در محدوده مطالعاتی یافت نمی‌شوند. وجود بیوتیت‌های آهن‌دار در این گرانیتوئیدها می تواند منشاء آهن مورد نیاز گیاه باشد. آهن به عنوان یکی از عناصر سازنده آنزیم ها نقش مهمی در اکسیداسیون - احیاء، ساخت پروتئین و رشد کلروپلاست دارد. دگرسانی بیوتیت‌های آهن‌دار در گرانیتوئیدهای شیرکوه سبب پیدایش کانی‌های کدر مانند هماتیت و تأمین آهن مورد نیاز گیاه در خاک گردیده است (تصاویر ۸ و ۲۶).

منگنز در کانی‌های سیلیکاته آهن - منیزیم دار جانشین Fe^{2+} می‌شود و همچنین به عنوان فعال کننده آنزیم، جزء سازنده برخی پروتئین ها است و در واکنشهای اکسیداسیون - احیاء نیز نقش دارد. مقدار منگنز موجود در ناحیه به مقدار میانگین موجود در سنگ‌های سیلیسی نزدیک است (جدول ۲). کانی‌های سولفیدی و سنگ‌های رسوبی غنی از کربن، منشاء مس هستند. گرانیتوئیدهای شیرکوه در مناطق علی آباد و دره زرشک واقع در غرب یزد، منشاء دو کانسار مس پورفیری با عیار نسبتاً خوب هستند (Eslamizadeh & Samanirad 2008).



تصویر ۲۶- میزان آهن موجود در خاک و سنگ‌های محل رویش گیاه

هر چند در گرانیتوئیدهای محدوده مورد مطالعه، آثار کانی سازی مس نمایان نیست ولی مقدار متوسط مس در آن‌ها از مقادیر میانگین سنگ‌های آذرین درونی سیلیسی کمی بیشتر است. عنصر مس در واکنشهای اکسیداسیون - احیاء نقش اساسی دارد. یون Cu^{2+} می تواند به Cu^{+} کاهش یابد که در اکوسیستم ناپایدار است. کانی‌های سولفیدی منشاء روی هستند که برای فعالیت آنزیم ها در گیاه مورد نیاز است. مقدار روی در نمونه‌ها به جز یک مورد که مقدار کمی نشان می‌دهد دارای مقادیر عادی است (جدول ۱).

کانی تورمالین منشاء عنصر بور برای گیاهان است که برای ساخت بخش‌های چوبی و افزایش طول ریشه مورد استفاده قرار می گیرد. تورمالین در سنگ‌های گرانیتی یافت می‌شود. بلورهای تورمالین با طول بیش از ۲۰ سانتیمتر در پگماتیتهای شیرکوه گزارش شده است (امامی ۱۳۷۹). هر چند در نمونه‌های مطالعه شده در محل رویش پونه کرک ستاره‌ای، کانی تورمالین مشاهده نشد.

عنصر مولیبدن (Mo) که یکی از سازنده های اصلی آنزیم است، برای تثبیت مقدار نیتروژن و احیاء یون نیترات ضروری است. میزان مولیبدن در نمونه‌ها حدود ۰/۸٤ گرم در تن (0.84 ppm) است که از مقدار میانگین سنگ‌های گرانیتوئیدی (1.3 ppm) کمتر است. اغلب عناصر واسطه گروه اول، به غیر از آهن و منگنز، به خصوص وانادیم، کروم، نیکل و کبالت در مقادیر پایین، برای گیاه سودمند هستند ولی مقادیر بالای آن‌ها برای گیاه سمی است. میزان TiO_2, MnO و Fe_2O_3 در گرانیتهای شیرکوه با افزایش مقدار سیلیس، کاهش یافته و مقادیر اندکی نشان می‌دهد ولی این نسبت در آنکلاوها کمی بیشتر است.

سلنیم نیز در غلظتهای بالا می‌تواند برای گیاه سمی‌باشد ولی به طور کلی مقادیر جزئی از عناصری مانند سدیم، کلر، فلوئور، ید و سلنیم، برای حیات گیاهان و جانوران ضروری است (Alexander et al. 2007). نمکها معمولاً در همه جا وجود دارند و توسط گیاهان جهت موازنه بار الکتریکی مورد استفاده قرارمی گیرند.

۶- نتیجه‌گیری

گیاه پونه کرک ستاره‌ای یک گونه بسیار کمیاب است که در ارتفاعات شیرکوه یزد یافت می‌شود. اهمیت این گونه گیاهی به دلیل خواص درمانی منحصر به فرد آن به ویژه در مقابله با برخی باکتریهای مولد بیماریهای عفونی است. این گیاه دارویی در ارتفاع ۳۰۵۰-۲۰۷۰ متری شیرکوه در جنوب غرب یزد، در محل برفخانه طرزجان می روید. این تحقیق که شامل سنگ‌شناسی و مطالعات مشترک زمین‌شناسی و

اکولوژی (زمین بوم‌شناسی) است نشان می‌دهد که مقدار عناصر آهن، منیزیم و کلسیم موجود در خاک محل رویش گیاه، در برخی نمونه‌ها گاه تا چند برابر مقدار میانگین سنگ‌های آذرین درونی اسیدی، افزایش یافته است که دلیل آن، ترکیب سنگ‌شناسی ویژه و کانی‌های موجود در گرانیتوئیدهای شیرکوه است. در این سنگ‌ها علاوه بر آنکلاوهای کربناته، کانی‌های سیلیکاته آهن – منیزیم دار مانند بیوتیت و همچنین کانی‌های گروه اپیدوت وجود دارد که سبب افزایش میزان عناصر آهن، منیزیم و کلسیم خاک گردیده است. بالا بودن غیر عادی میزان کلسیم خاک، به دلیل قرار گرفتن سنگ‌های آهکی سازند تفت بر روی گرانیتوئیدها و انحلال کلسیم موجود در آهک‌ها، توسط جریان آب حاصل از ذوب برف است که به طور دائم از قله های پوشیده از برف مشرف بر محدوده، به سمت پایین دامنه جریان دارند. تحقیقات نشان می‌دهد که وجود حداقل ۱۶ عنصر شیمیایی برای رشد و نمو گیاهان لازم است و وجود برخی از این عناصر حتی در مقدار کم، برای رویش گیاه ضروری است. عناصر کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و گوگرد به طور عمده از طریق آب و اتمسفر فراهم می‌شوند.

خاک و سنگ، منبع تأمین Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Cl, Cu, P و دیگر عناصر مورد نیاز گیاه هستند. سنگ‌های گرانیتوئیدی رخساره اصلی شیرکوه، ترکیب کالک آلکالن و پرآلومینوس داشته و مقدار پتاسیم آن‌ها از متوسط تا زیاد تغییر می‌کند. دگرسانی سنگ‌های آذرین، سنگ آهک و کنگلومرای موجود در منطقه، عناصر مورد نیاز برای رشد پونه کرک ستاره‌ای را در دامنه ارتفاعات میانی شیرکوه فراهم ساخته است. همچنین عواملی از قبیل ارتفاع بالا، رطوبت زیاد خاک، ترکیب شیمیایی ویژه و دمای پایین آبهای حاصل از ذوب برف و وجود خاک ماسه‌ای – سنگی، نقش مهمی در ایجاد شرایط مناسب برای رشد این گونه کمیاب ایفا نموده است. علاوه بر عناصر و عوامل یاد شده فوق، تخلخل زیاد خاک گرانیتی زیستگاه که سبب کاهش فعالیتهای زیستی می‌شود نیز ممکن است در رویش گیاه پونه کرک ستاره‌ای اهمیت داشته باشد.

تشکر و قدردانی

از آقای دکتر محمد حسین حکیمی رئیس دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد که علاوه بر همراهی در عملیات صحرایی، اطلاعات ارزشمندی از تحقیقات خود را در اختیار نگارندگان قرار دادند، صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

مراجع

اسلامی‌زاده، ع. و امامی، م.، ۱۳۸۲، "کانسار مس پورفیری دره زرشک در جنوب غرب یزد"، *بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور. بخش زمین‌شناسی اقتصادی و اکتشاف: ۴۷-۵۹ .*

امامی، م.، ۱۳۷۹، "ماگماتیسم در ایران"، *انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۸ ص.*

امینی، ص. و کلانتری سرچشمه، م.، ۱۳۷۶، "مطالعه پترولوژی و ژئوشیمی باتولیت گرانیتوئیدی شیرکوه یزد"، *اولین همایش انجمن زمین شناسی ایران. تهران: ۱۰۳-۹۹.*

حاج ملاعلی، ع. و علوی نائینی، م.، ۱۳۷۱، "نقشه زمین شناسی خضر آباد، *مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰*"، *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.*

حاج ملاعلی، ع. و مجیدی فرد، م.، ۱۳۷۹، "نقشه زمین‌شناسی یزد، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰"، *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.*

خسرو تهرانی، خ. و وزیری مقدم، ح.، ۱۳۷۲، "چینه شناسی کرتاسه زیرین در نواحی غرب و جنوب غربی یزد"، *فصلنامه علوم زمین، سال دوم، شماره ۷، سازمان زمین شناسی کشور: ۴۶-۳۶.*

رهنماراد، ج. صاحب زاده، ب. و میرحاجی زاده، ع.ا.، ۱۳۸۵، "توصیف هوازدگی و سست شدگی در گرانیتوئید زاهدان از دیدگاه مهندسی سنگ"، *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ٤ (٤): ۲۵۸-۲٤۷.*

زارع زاده، ع. باباخانلو، پ.، هادی راد، م.، میرحسینی، ع. و شمس زاده، م.، الف-۱۳۸٦، "بررسی نتایج کشت گیاهان دارویی در شرایط کلکسیون استان یزد"، *پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷٦: ۳۵-۱۱.*

زارع زاده، ع.، رضایی، م.، میرحسینی، ع. و شمس زاده، م.، ب=۱۳۸٦، "بررسی اکولوژیک سی و چهار گونه گیاه اسانس دار تیره نعناع در استان یزد"، *فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۳ (۳): ٤٤۲-٤۳۲.*

زارعی سهامیه، ر. و امینی، ص.، ۱۳۸۰، "پترولوژی و ژئوشیمی توده های نفوذی جنوب غرب یزد"، *فصلنامه علوم دانشگاه تربیت معلم، سال ۱ (۱): ۲۳-۱۲.*

Alexander, E. B., Coleman, R. G., Keeler-Wolf, T. & Harrison, S., 2007, "Serpentine geoecology of western north America", *Geology, Soils, and Vegetation, Oxford University Press, 528 pp.*

Bargagli, R., 1998, "Trace elements in terrestrial plants", *An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery, Springer, 1st edition, 324 pp.*

Berberian, F. & Berberian, M., 1981. "Tectono-plutonic episodes in Iran", In Gupta H. K. & Delany F. M.(eds.) Zagros Hindukush, Himalaya Geodynamic Evolution, *American Geophysical Union Geodynamic, Series 3:5–32.*

Berberian, M. & King G. C. P., 1981, "Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran", *Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 18: 210–245.*

Clarke, D. B., 1992, "Granitoid rocks", *Chapman & Hall, 281 pp.*

Eslamizadeh A. & Samanirad Sh. 2010, "Petrology of igneous rocks in Shirkuh SW of Yazd as a unique growth place for a medical plant Nepta Astrotricha", *GSA Denver Annual Meeting, GSA Abstracts Vol. 42 (5): 104.*

Eslamizadeh A. & Samanirad Sh., 2008, "The role of Neogene magmatism on alteration zones and supergene enrichment porphyry copper deposit of Darreh Zereshk, Yazd, Iran", *The joint meeting of the Geological Society of America, GSA Abstracts Vol. 40 (6): 251.*

Forrest, J. & Miller-Rushing, A. J., 2010, "Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution", *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Vol.356 (1559): 3101—3112.*

Mackenzie, W. S. & Adams, A. E., 1994, "A Colour atlas of rocks and minerals in thin section", *Manson publishing, 192 pp.*

Marschner, H., 1995, "Mineral Nutrition of Higher Plants", *New York Academic Press Pub, 2nd edition, 889 pp.*

Nabavi, M.H., 1972, "Geologic map of Yazd quadrangle, Scale 1:250000", *Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.*

Richardson, A. D., Black, T. A., Ciais, P., Delbart, N., Friedl, M. A., Gobron, N., Hollinger, D. Y., Kutsch, W. L., Longdoz, B., Luyssaert, S., Migliavacca, M., Montagnani, L., Munger, J. W., Moors, E., Piao, S., Rebmann, C., Reichstein, M., Saigusa, N., Tomelleri, E., Vargas, R. & Varlagin, A., 2010, "Influence of spring and autumn phenological transitions on forest ecosystem productivity", *Transactions of the Royal Society B, Vol.: 356 (1559): 3227-3247.*

Sheibi, M., Esmaeily, D., Nedelec, A., Bouchez, J. L., & Kananiani, A., 2010, "Geochemistry and petrology of garnet-bearing S-type Shir-Kuh Granite, southwest Yazd, central Iran", *Island Arc, Vol. 19 (2): 293-312.*