

مطالعه فلوریستیک و تنوع گونه‌های گل‌سنگ در ارتفاعات منطقه حفاظت شده کوه آسیاب کوهبنان (استان کرمان)*

دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۹ / پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۹

اعظم غیائی✉: کارشناسی ارشد سیستماتیک-اکولوژی گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران (ghasedak.rad@gmail.com)

علی احمدی مقدم: استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

محمد سهرابی: استادیار گروه پژوهشی زیست فناوری صنعتی و محیط زیست، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی، تهران، ایران

چکیده

بسیاری از نقاط استان کرمان، پهناورترین استان ایران با وجود شرایط خاص اقلیمی و تنوع پوشش گیاهی، از نظر شناسایی و مطالعه گل‌سنگ‌ها ناشناخته مانده است. این مطالعه، با هدف شناسایی و بررسی تنوع زیستی گل‌سنگ‌ها در منطقه حفاظت شده کوه آسیاب کوهبنان واقع در شمالی‌ترین نقطه استان کرمان انجام شد. تاکنون، هیچ مطالعه‌ای در این زمینه در این منطقه انجام نگرفته است. نمونه‌برداری با روش تصادفی طبقه‌بندی همگن و در ارتفاعات متفاوت در هشت ایستگاه صورت گرفت، به طوری که در هر ایستگاه تعدادی کوادرات ۲۰ در ۲۵ سانتی‌متر مربع به صورت تصادفی مستقر شد که در نهایت در تمام منطقه، تعداد ۸۳ کوادرات ایجاد شد. اندازه کوادرات‌ها با روش تعیین سطح حداقل مشخص شد و در هر کدام، علاوه بر جمع‌آوری گونه‌های گل‌سنگ، شاخص‌های فراوانی، درصد پوشش و تراکم گونه‌ها و همچنین تعداد آرایه‌ها اندازه‌گیری و سپس نمونه‌ها مورد شناسایی قرار گرفتند که در نتیجه تعداد ۳۱ گونه گل‌سنگ صخره‌زی در ۱۹ جنس و دو فرم رویشی شناسایی گردید. با محاسبه درصد فراوانی فرم‌های رویشی و جنس‌های موجود در منطقه، مشخص شد گل‌سنگ‌های پوسته‌ای فرم رویشی غالب در منطقه هستند و بیشترین فراوانی متعلق به جنس *Acarospora* به مقدار ۱۹ درصد بود. تجزیه و تحلیل آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام گرفت و در هر ایستگاه شاخص تنوع گونه‌ای براساس دو شاخص تنوع شانون-وینر و سیمپسون و غنای گونه‌ای براساس دو شاخص غنای مارگالف و منهینیک در نرم‌افزار *past* محاسبه شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد، شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای و همچنین تعداد گونه در هشت ایستگاه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$) و بیشترین مقدار شاخص‌های ذکر شده در ایستگاه‌های با ارتفاع متوسط مشاهده گردید. مقایسه شاخص‌ها نشان داد تنوع سیمپسون بهترین شاخص برای نشان دادن وضعیت جامعه از نظر تنوع است.

واژه‌های کلیدی: اجتماعات گل‌سنگ، تنوع سیمپسون، غنای گونه‌ای، فرم رویشی، نمونه‌برداری

Floristic study and diversity of lichen species in highlands of Kuh-Asiab protected area in Kuhbanan (Kerman province, Iran)

Received: 08.04.2019 / Accepted: 30.06.2019

Aazam Ghiyasi✉: MSc in Plant Systematic-Ecology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran (ghasedak.rad@gmail.com)

Ali Ahmadimoghadam: Assistant Prof. of Plant Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

Mohammad Sohrabi: Assistant Prof. of Industrial and Environmental Biotechnology Research Group, Iranian Scientific and Industrial Research Organization (IROST), Tehran, Iran

Summary

Little attention has been devoted to lichens of Kerman province (Iran). This study was conducted to identify lichens in the Kuh-Asiab protected area of Kubanan located in the northernmost part of Kerman province. In this study, eight sites were chosen in the area. Sampling was carried out according to Random method. Height data were obtained from each site along with the abundance of lichen species. In addition, number and density of species and cover percentage of the species were measured. Thirty-one species belong to 19 genera and two vegetative forms were identified. Both the Shannon and Simpson indices were calculated and compared for each sampling site. Species richness was calculated according to Margalef and Menhinick indices. Our results suggested that, lichen species richness and diversity were increasing with increasing height. The results also showed significant differences in species diversity and richness among sampling sites. The highest number of indicators was observed in sites with average height. Comparison of indices showed that, Simpson diversity was the best indicator for showing the situation of the community.

Keywords: Lichen communities, sampling, Simpson diversity, species richness, vegetative forms

* بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده نخست به راهنمایی دکتر علی احمدی مقدم ارائه شده به دانشکده علوم پایه دانشگاه شهید باهنر کرمان

مقدمه

مدیریت بوم‌سازگان است (Yuguang *et al.* 2001)، به طوری که در سطح گسترده به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در تعیین وضعیت و پایداری بوم‌سازگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. پایداری و سلامت اکوسیستم‌های مختلف وابسته به تنوع و غنای گونه‌ای است و با انهدام زیستگاه‌های طبیعی، تنوع بیولوژیکی و به تبع آن غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد (Hector *et al.* 1999). لزوم بحث در مورد تنوع زیستی به این علت است که این مشخصه از اکوسیستم‌ها نشان دهنده وضعیت اکوسیستم از نظر ثبات و تأثیر عوامل تهدید کننده بر طبیعت می‌باشد (Goodman 1975). اکولوژی گل‌سنگ‌ها پیچیده است و هنوز بسیاری از جنبه‌های آن به طور کامل قابل درک نیست. برخی گونه‌ها قادر به اشغال تعداد زیادی از زیستگاه‌ها هستند، در حالی که برخی دیگر، وضعیت‌های ویژه‌ای را برای بقا اختیار می‌کنند و این تنوع نکته‌ای مفید در جهت شناسایی آن‌ها است (Dobson 2005).

تاکنون در نقاط مختلف دنیا مطالعات فراوانی در زمینه بررسی شرایط اکولوژیکی مناسب جهت رشد گل‌سنگ‌ها و همچنین تاثیر عواملی نظیر دما و رطوبت روی تنوع و پراکندگی آن‌ها انجام شده (Sheard & Jonesen 1974, Eversman 1982, Lesica *et al.* 1991, McCune & Geiser 1997, Crites & Dale-Mark 1998, Uliczka & Angelstam 1999, Lehmkuhl 2004, Alam 2014, Adam 2017). اما در جهت تاثیر ارتفاع، مطالعات کمتری صورت گرفته است (Arseneau *et al.* 1997, Pascal *et al.* 2010, Pintado *et al.* 2001, Nascimbene & Marini 1993, Wolf 2015). بیشتر مطالعاتی که در زمینه الگوهای تنوع و غنای گونه‌ای در طول شیب ارتفاع انجام شده، نشان می‌دهد با وجود اینکه تنوع گونه‌ای با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد، در یک محدوده ارتفاعی متوسط بیشترین مقدار را آشکار می‌نماید (Grytnes & Vetaas 2002, Sanches-Gonzales & Lopez-Mata 2005, Bruun *et al.* 2006, Pinokiyo *et al.* 2008, Bahadur *et al.* 2010). برخلاف مطالعات انجام شده در این زمینه در دنیا، تاکنون در ایران هیچ مطالعه اکولوژیکی مبنی بر تاثیر عوامل محیطی ذکر شده روی گل‌سنگ‌ها انجام نگرفته است. لذا، شناسایی و مطالعه گل‌سنگ‌ها در مناطق بکری از جمله منطقه حفاظت شده مورد نظر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

با وجود آن که از نخستین گزارش گل‌سنگ در ایران بیش از ۱۹۰ سال می‌گذرد، هنوز بسیاری از مناطق کشور از نظر فلور گل‌سنگی ناشناخته باقی مانده است. نخستین گزارش‌ها از گل‌سنگ‌های ایرانی توسط گوئل (Göbel 1830) ارایه شد که وجود گل‌سنگ *sculenta* را در ایران گزارش کرد. بعد از آن، در جهت شناسایی گل‌سنگ‌های ایران پیشرفت‌های بیشتری ایجاد شد، به طوری که در سال ۱۹۳۷ تعداد زیادی از گونه‌های گل‌سنگ در پروژه به یادماندنی Flora Iranica جمع‌آوری شد (Rechinger 1937). همچنین، در سال‌های ۱۹۳۷ تا ۱۹۴۰ اسزاتالا (Szatala 1940) و تعدادی گل‌سنگ‌شناس دیگر، جمع‌آوری‌های رشینگر را از استان‌های تهران، مازندران، سمنان و خراسان مورد مطالعه قرار دادند (Sohrabi 2010a). پس از آن نیز جمع‌آوری‌های پراکنده‌ای از سایر نقاط ایران گزارش شد (Sohrabi & Orange 2006, Sohrabi & Alstrup 2007, Sohrabi & Vagn 2007, Kazemi & Ghahremaninejad 2008, Haji Moniri 2009). در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴ چک لیست اولیه‌ای از گل‌سنگ‌های ایرانی توسط سیوارد و همکاران منتشر شد (Seaward *et al.* 2004). چک لیست مذکور که بر پایه جمع‌آوری‌های انجام شده توسط محققان ایرانی بود، ۳۹۶ گونه از قارچ‌های گل‌سنگی و هشت گونه از قارچ‌های گل‌سنگ‌زی را شامل می‌شد. در نهایت، یک چک لیست اصلاح شده شامل ۵۹۰ گونه قارچ گل‌سنگی و ۵۵ گونه قارچ گل‌سنگ‌زی توسط سیوارد و همکاران (Seaward *et al.* 2008) تهیه گردید. بدین ترتیب، به جرات می‌توان گفت بیشتر جمع‌آوری‌ها در مورد گل‌سنگ‌های ایران مربوط به سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۸ می‌باشد (Sohrabi 2010a). از سوی دیگر، در جهت شناسایی و مطالعه گل‌سنگ‌های استان کرمان طی یک دهه اخیر اقدامات محدودی صورت گرفته که می‌توان به مطالعات و بررسی‌های لطفیان (Lotfian 2007)، سهرابی (Sohrabi 2010a) و همچنین ولدبیگی و همکاران (Valadbeigi *et al.* 2010) اشاره کرد.

تنوع زیستی از مفاهیم ارزشمند در بوم‌شناسی و مدیریت پوشش گیاهی از جمله قارچ‌ها است (Mesdaghi 2005) و حفظ تنوع زیستی گل‌سنگ‌ها یکی از اهداف

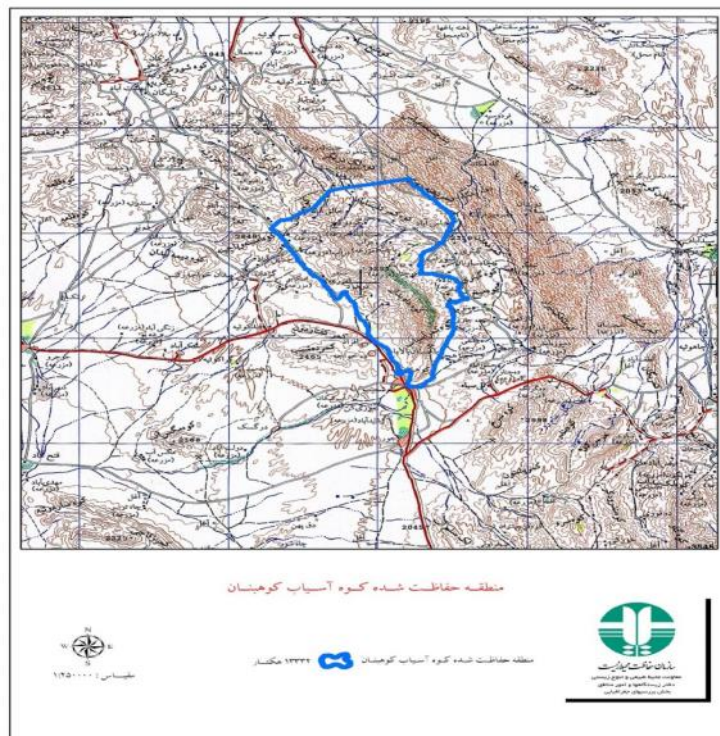
تنوع زیستی گل‌سنگ‌ها شاخص مهمی در نشان دادن آلودگی هوا می‌باشد، زیرا این گیاهان سریعاً به آلودگی‌های موجود در اطراف خود واکنش نشان می‌دهند. بنابراین، تنوع زیاد و رشد مناسب گل‌سنگ‌ها در مقایسه با زیستگاه مشابهی که بافت گل‌سنگ‌های آن آسیب دیده و از تنوع کمتری برخوردار است، شاخص هوای پاک محسوب می‌شود (Haji Moniri 2009) و به همین دلیل که این منطقه دور از شهر و کارخانجات و عاری از هر گونه آلودگی است، محل مناسبی برای رویش گل‌سنگ‌ها می‌باشد. لذا، می‌توان با مطالعه روی وضعیت اکولوژیکی منطقه، عوامل موثر بر رشد گل‌سنگ‌ها را مورد مطالعه و بررسی قرار داد و به همین دلیل، مطالعه حاضر در تشخیص بستر مناسب برای رویش گل‌سنگ‌ها حایز اهمیت است. بر این اساس، در پژوهش حاضر، فلور گل‌سنگی همراه با تنوع زیستی منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. پر واضح است، چک لیست تهیه شده در این تحقیق، مقدماتی بوده و با ادامه جمع‌آوری‌ها، متعاقباً چک لیست روزآمدی تدوین و ارائه خواهد شد.

روش بررسی

- موقعیت جغرافیایی و عمومی منطقه

منطقه حفاظت شده کوه آسیاب کوهبنان طی مصوبه شماره ۳۴۶ شورای عالی محیط زیست (کمسیون زیر بنایی دولت) مورخ ۱۳۹۰/۴/۵ با مساحت ۱۳۳۳۲ هکتار به عنوان منطقه حفاظت شده به مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست پیوسته است. در آبان ماه ۱۳۸۸، نقشه و منابع آبی منطقه توسط واحد محیط طبیعی و GIS اداره کل محیط زیست استان کرمان تهیه گردید (شکل ۱). این منطقه بین طول‌های $22^{\circ}50'$ تا $9^{\circ}50'$ و عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ}31'$ تا $22^{\circ}31'$ در شمال شهر کوهبنان واقع گردیده که از شمال به مرز

استان یزد و کرمان، از غرب به جاده خاکی روستای کوهبنان-چهار گذاره، از جنوب به شهر کوهبنان و از شرق به جاده خاکی (جاده قدیمی) کوهبنان-پشتکوه منتهی می‌شود. در این منطقه، سنگ‌های رسوبی آهکی مارل (marl) و پیت (peat) وجود دارد که از نظر میزان باقی‌مانده‌های گیاهی (قارچ‌ها و سرخس‌ها) و همچنین نرم‌تنان بسیار غنی و در دوره آب و هوای مرطوب تشکیل شده است که این امر نشان‌دهنده آن است که بارش و رطوبت در این منطقه بیشتر از زمان حال بوده است (Ghorbani & Azizan 2009). منطقه مذکور دارای دو رشته کوه مرتفع به هم پیوسته به نام‌های کوه داه‌بدان (مشهور به کوه آسیاب یا حسن کل) و کوه کلیسا با دره و ریزال‌های فراوان بوده که این مکان‌ها زیستگاه‌های امنی برای حیات وحش منطقه محسوب می‌شوند. همچنین، منطقه فوق با دارا بودن پوشش جنگلی و مرتعی انبوه، یکی از بهترین مناطق بکر و مستعد شهرستان بوده و نقاط برفگیر و چشمه‌سارهای فراوان با پوشش گیاهی و جنگلی از چشم‌اندازهای منحصر به فرد آن می‌باشند. پوشش گیاهی منطقه از نوع بوته‌ای (گیاهان یک‌ساله)، درختچه و درختی و شامل گیاهان یک‌ساله و دارویی نظیر آلاله، آویشن، درمنه و ... می‌باشد (جدول ۱). به طور متوسط، پوشش جنگلی و گیاهی منطقه بین ۵۰ تا ۶۵ درصد تخمین زده می‌شود. وضعیت آب و هوایی منطقه سرد و کوهستانی و ارتفاعات آن برفگیر می‌باشند. بارندگی متوسط سالیانه منطقه $202/5$ میلی‌متر با درجه حرارت متوسط $12/8$ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی متوسط ۴۷ درصد است (Ghorbani & Azizan 2009). خوشبختانه، خشکسالی‌های چندساله اخیر تاثیر چندانی بر پوشش گیاهی و منابع آبی منطقه نداشته و جویبارها و رودخانه فصلی از این منطقه عبور می‌کند.



شکل ۱- نقشه منطقه حفاظت شده کوه آسیاب کوهبنان (استان کرمان).

Fig. 1. Map of Kuh-Asiab protected area of Kuhbanan (Kerman province, Iran).

جدول ۱- فهرست تعدادی از گونه‌های گیاهی منطقه و اهمیت آن‌ها

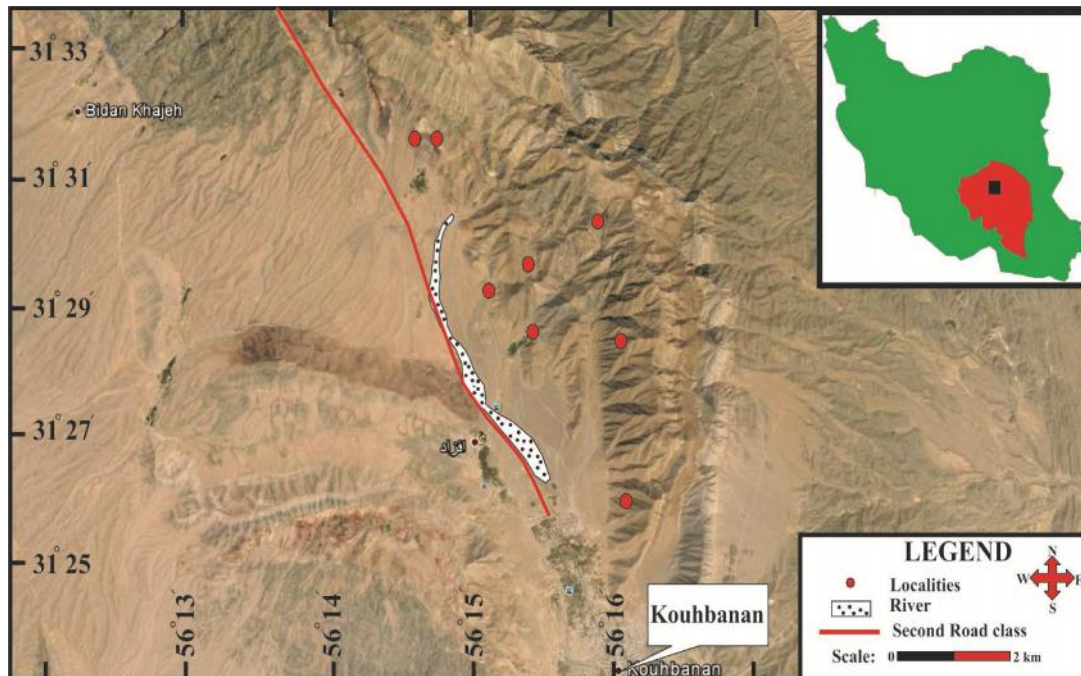
اهمیت گونه (شاخص بودن)	نام گونه			ردیف
	محلی	علمی	فارسی	
خوش خوراک	الوک	<i>Amygdalus scoparia</i> Spach	بادام کوهی	۱
خوش خوراک	هوم	<i>Ephedra</i> sp.	افدرا	۲
"	بنه	<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	پسته وحشی	۳
"	کپه‌کم	<i>Acer monspessulanum</i> L.	کپه‌کم	۴
"	تنگس	<i>Amygdalus arabica</i> Olivier	تنگس	۵
"	تربیت	<i>Daphne stapfii</i> Bornm. & Keissl.	تربیت	۶
"	جاز	<i>Artemisia aucheri</i> Boiss.	درمنه	۷
"	قیچ	<i>Zigophyllum</i> sp.	قیچ	۸
گیاه دارویی	آلاله	<i>Ranunculus</i> sp.	آلاله	۹
"	آویشن	<i>Thymus</i> sp.	آویشن	۱۰
"	بومادران	<i>Achillea</i> sp.	بومادران	۱۱
"	کلپوره	<i>Teucrium polium</i> L.	کلپوره	۱۲
"	زیره	<i>Bunium persicum</i> (Boiss.) B. Fedtsch.	زیره سیاه	۱۳
"	گون	<i>Astragalus</i> sp.	گون	۱۴

- روش نمونه‌برداری گل‌سنگ‌ها

به منظور بررسی تنوع گونه‌ای گل‌سنگ‌ها و تاثیر ارتفاع بر پوشش گل‌سنگ‌ها، نمونه‌برداری‌ها به صورت تصادفی طبقه‌بندی همگن انجام شد، به طوری که ابتدا با توجه به نقشه توپوگرافی و براساس تغییرات ارتفاع، منطقه مورد نظر به هشت واحد همگن یا ایستگاه تقسیم شد که به ترتیب دارای ارتفاع ۲۳۵۲، ۱۹۸۵، ۲۰۷۴، ۲۲۲۵، ۱۵۱۳، ۱۸۲۰، ۲۴۹۶ و ۱۷۵۲ متر از سطح دریا می‌باشند (شکل ۲ و جدول ۲). سپس اندازه کوادرات با روش تعیین سطح حداقل مشخص شد و پلات‌ها به صورت تصادفی در هر ایستگاه مستقر گردید. در کل، تعداد ۸۳ پلات ۲۰ در ۲۵ سانتی‌متری در منطقه (ایستگاه‌های مختلف) مستقر شد. در محل تمامی کوادرات‌ها ارتفاع اندازه‌گیری شد و میانگین ارتفاع نقاط نمونه‌برداری با یکدیگر مقایسه و مشخص شد ارتفاع ایستگاه‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (جدول ۵ و شکل ۴- E). در هر کوادرات، علاوه بر ارتفاع اندازه‌گیری شده، اطلاعاتی از قبیل موقعیت منطقه و طول و عرض جغرافیایی ثبت شد و با توجه به این که تمامی گل‌سنگ‌های موجود در منطقه صخره‌زی می‌باشند، جنس سنگ بستر نیز مورد شناسایی قرار گرفت (جدول ۲). نمونه‌های موجود در منطقه جمع‌آوری و

کدگذاری گردید و سپس با استفاده از کلیده‌های شناسایی معتبر و براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی و شیمیایی در حد جنس و گونه شناسایی شدند (Orange et al. 2001, Brodo 2001, Sipman 2003, Sohrabi & Ghobad-Nejhad 2010). در نوشتن اسامی علمی گونه‌ها و نام نام‌گذار، از اصول پایگاه اطلاعاتی Index Fungorum پیروی شد (www.indexfungorum.org). برای شناسایی و تایید نهایی برخی از نمونه‌ها در سطح گونه، به آزمایش‌های شیمیایی بیشتر و امکاناتی از قبیل آنالیز فلورسانس، TLC (جهت شناسایی متابولیت‌های ثانویه) و HPTLC نیاز بود که این نمونه‌ها جهت بررسی‌های فوق به موزه گیاه‌شناسی دانشگاه هلسینکی در کشور فنلاند ارسال شدند. سپس در پلات‌های موجود در هر ایستگاه صفات زیر در مورد گل‌سنگ‌ها اندازه‌گیری شد:

- تراکم گونه: تعداد افراد متعلق به یک گونه در کوادرات
- درصد پوشش گونه: درصدی از سطح کوادرات که توسط یک گونه اشغال می‌شود.
- فراوانی گونه: $100 \times$ تعداد کل افراد/تعداد افراد گونه
- تعداد آرایه‌ها: تعداد گونه‌های موجود در هر کوادرات (Mesdaghi 2005).



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه (هر ایستگاه با دایره مشخص شده است).

Fig. 2. Location of sampling sites in the area (each site is marked with circle).

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه

شماره ایستگاه	موقعیت در استان	مختصات ایستگاه	موقعیت در منطقه	ارتفاع متوسط (متر)	جنس سنگ بستر	دخالت انسانی
۱	۱۸۰ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۱۵ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-428636/3482914	جنوب روستای ناصرآباد	۲۳۵۲	سنگ آهک، دولومیت دانه‌ریز	بدون دخالت انسانی
۲	۱۷۵ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۸ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-430030/3481361	غرب روستای دره هود	۱۹۸۵	دولومیت، سنگ آهک	بدون دخالت انسانی
۳	۱۷۷ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۱۰ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-428664/3482906	شمال شرقی روستای آب کریک	۲۰۷۴	دولومیت	بدون دخالت انسانی
۴	۱۷۸ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۱۲ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-425840/3485947	شمال روستای ناصرآباد	۲۲۲۵	دولومیت دانه‌ریز، آهک ماسه‌ای، آهک ماسه‌ای هماتی	وجود زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی
۵	۱۷۵ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۸ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-429150/3481901	جنوب غربی روستای آب کریک	۱۵۱۳	ماسه سنگ	بدون دخالت انسانی
۶	۱۷۶ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۹ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-429139/3481918	شرق روستای دره هود	۱۸۲۰	سنگ آهک، کنگلومرا، دولومیت	بدون دخالت انسانی
۷	۱۷۲ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۶ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-425884/3485957	شمال شرقی روستای درب جزی	۲۴۹۶	آهک ماسه‌ای، ماسه سنگ	بدون دخالت انسانی
۸	۱۷۴ کیلومتری شمال غربی کرمان، ۷ کیلومتری شمال کوهبنان	40R-429695/3482220	شمال شرقی روستای آب شنگان	۱۷۵۲	دولومیت، کنگلومرا	بدون دخالت انسانی

شاخص غنای گونه‌ای مارگالف نیز که به عنوان یک اندازه‌گیری ساده از غنای گونه‌ای بسیار مورد استفاده است، از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Margalef 1958):

$$\text{Margalef's index} = (S-1) / \ln N$$

که در آن:

تعداد کل گونه‌های موجود در منطقه = S

تعداد کل افراد در منطقه = N

لگاریتم طبیعی = ln

همچنین، شاخص غنای منه‌نیک برای اندازه‌گیری غنای گونه‌ای استفاده شد. فرمول این شاخص به صورت زیر است:

$$\text{Menhenik's index} = S / N$$

که در آن:

تعداد کل گونه‌های موجود در منطقه = S

تعداد کل افراد در منطقه = N

جهت بررسی تغییرات شاخص‌های مذکور، از آنالیز واریانس یک طرفه در برنامه آماری SPSS استفاده شد. در صورت معنی‌داری، از روش آزمون توکی (Tukey method) برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. همبستگی بین شاخص‌های تنوع و غنا با ارتفاع از طریق آنالیز رگرسیون محاسبه شد و نمودار پراکنش و معادلات خطی و درجه دو برای هر یک رسم گردید.

نتیجه

پس از جمع‌آوری نمونه‌ها در کل منطقه، تعداد ۳۱ گونه گل‌سنگ در ۱۹ جنس شناسایی شد. نمونه‌ها پس از شناسایی، به هرباریوم مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی در کرمان جهت نگهداری منتقل شد و به هر نمونه شماره هرباریومی تخصیص یافت (جدول ۳). بیشترین فلور منطقه متعلق به جنس *Acarospora* و پس از آن جنس‌های *Aspicilia*، *Peccania*، *Lecanora* و *Caloplaca* به ترتیب بیشترین را به خود اختصاص داده بودند (شکل ۳).

پس از محاسبه فراوانی گونه، درصد فراوانی تمام جنس‌ها در منطقه محاسبه شد (شکل ۳). همچنین، پس از مشخص شدن فرم رویشی گونه‌های موجود در منطقه، درصد فراوانی هریک از فرم‌های رویشی محاسبه شد (جدول ۴).

- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی نامتعادل با حداقل پنج تکرار انجام شد. با وارد کردن داده‌های مربوط به درصد پوشش گونه در نرم‌افزار Past، شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون-وینر و نیز شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و منه‌نیک محاسبه شد.

تنوع شانون-وینر از رابطه زیر به دست آمد:

$$H' = \sum_{i=1}^S (P_i)(\ln P_i)$$

که در آن:

تعداد کل گونه‌ها در نمونه = S

نسبت تمام افراد موجود در نمونه که متعلق به گونه i می‌باشند = P_i
مقادیر بالاتر شاخص، تنوع بیشتر را نشان می‌دهد و کمتر بودن آن بیانگر آن است که اجتماع مغلوب یک یا تعداد کمی گونه شده است (Shannon & Weaver 1949).
فرمول شاخص تنوع سیمپسون به صورت زیر می‌باشد:

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

که در آن:

تعداد افراد متعلق به هر گونه در منطقه = n

تعداد کل افراد موجود در منطقه = N

این شاخص بین ۰ تا ۱ متغیر است، به صورتی که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده تنوع بیشتر و مقادیر پایین‌تر حاکی از تنوع کمتر می‌باشد (Yemane et al. 2009).

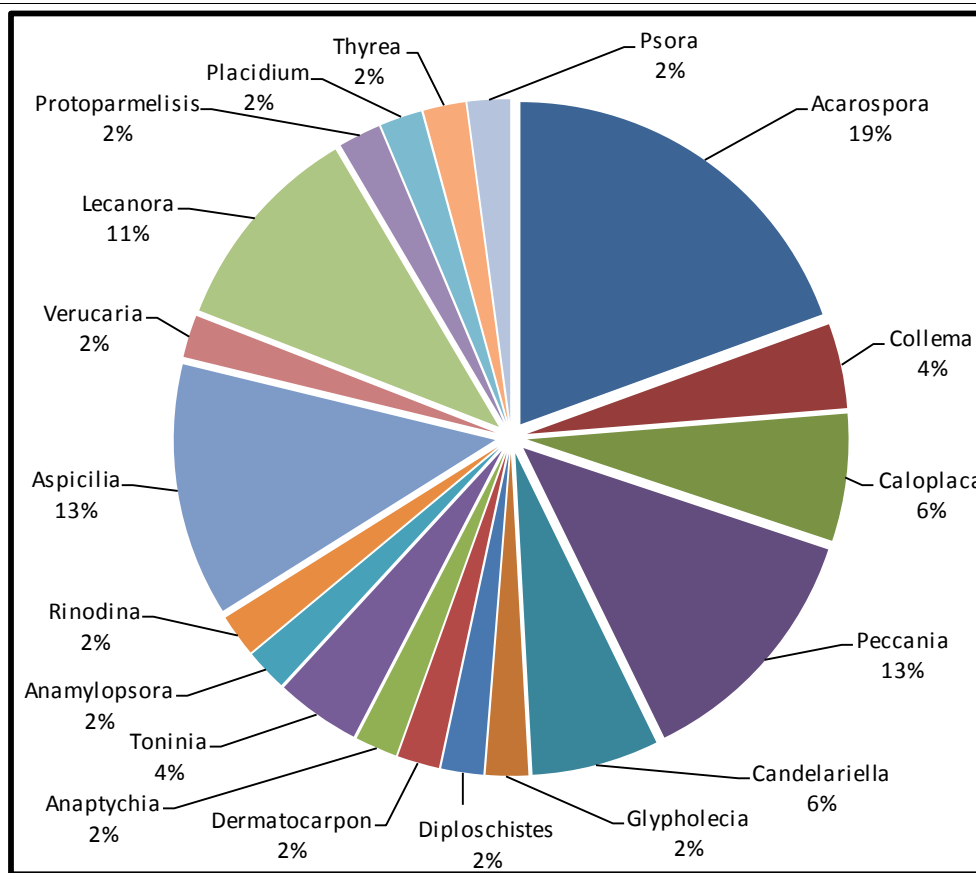
جدول ۳- فهرست گونه‌های شناسایی شده در منطقه همراه با اطلاعات مربوطه (جمع‌آوری نمونه‌ها: اعظم گیاهی)

تاریخ جمع‌آوری	آرایه	فرم رویشی	طول و عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	بستر	شماره نمونه	ارتفاع نمونه
05.12.2009	<i>Candelariella rosulans</i> (Müll. Arg.) Zahlbr.	پوسته‌ای	40R-431512/3474807	۲۰۶۵	دولومیت	200	
05.05.2010	<i>C. rhodax</i> Poelt & V. Zda	پوسته‌ای	40R-431512/3474807	۲۰۶۵	سنگ آهک	201	
05.12.2009	<i>Acarospora bornmuelleri</i> J. Steiner	پوسته‌ای	40R-431512/3474807	۲۰۶۵	دولومیت	202	
15.12.2009	<i>Aspicilia straussii</i> (J. Steiner) Sohrabi	پوسته‌ای	40R-427988/3484579	۱۹۸۱	ماسه سنگ	203	
02.05.2010	<i>A. excrescens</i> (J. Steiner) Szatala	پوسته‌ای	40R-427988/3484579	۱۹۸۱	سنگ آهک	204	
02.09.2009	<i>Rinodina dubyana</i> (Hepp) J. Steiner	پوسته‌ای	40R-428056/3484721	۲۰۱۵	سنگ آهک	205	
11.05.2010	<i>Acarospora bullata</i> Anzi	پوسته‌ای	40R-428055/3484720	۲۰۶۳	کنگلومرا	206	
17.05.2010	<i>A. stapfiana</i> (Müll. Arg.) Hue	پوسته‌ای	40R-428055/3484720	۲۰۶۳	ماسه سنگ	207	
03.07.2009	<i>Glypholecia scabra</i> (Pers.) Müll. Arg.	برگی	40R-428074/3484754	۲۰۵۲	دولومیت	208	
04.07.2009	<i>Lecanora crenulata</i> (Ach.) Hook.	پوسته‌ای	40R-428078/3484748	۲۱۱۰	کنگلومرا	209	
19.02.2010	<i>Acarospora scabrida</i> Hedl. ex H. Magn.	پوسته‌ای	40R-428078/3484748	۲۱۱۰	ماسه سنگ	210	
02.06.2010	<i>Collema tenax</i> (Sw.) Ach.	برگی	40R-430021/3481369	۲۱۱۳	ماسه سنگ	211	
21.07.2010	<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Röhl. Complex	پوسته‌ای	40R-430029/3481374	۱۹۹۴	سنگ آهک	212	
11.04.2010	<i>L. usbekica</i> Poelt	پوسته‌ای	40R-430029/3481374	۱۹۹۴	آهک	213	
21.07.2010	<i>Anaptychia desertorum</i> (Rupr.) Poelt	برگی	40R-430037/3481369	۲۰۲۰	دولومیت	214	ماسه‌ای
02.06.2010	<i>Aspicilia caesiascens</i> Pišút	برگی	40R-430037/3481369	۲۰۲۰	سنگ آهک	215	
22.07.2010	<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) M. Choisy s. lat. (syn. <i>Lecanora muralis</i>)	پوسته‌ای	40R-430037/3481369	۲۰۲۰	کنگلومرا	216	
04.05.2010	<i>Placidium squamulosum</i> (Ach.) Breuss	پوسته‌ای	40R-430034/3481368	۱۹۵۱	آهک	217	ماسه‌ای

Table 3 (contd)

جدول ۳ (ادامه)

24.10.2009	<i>Psora globifera</i> (Ach.) A. Massal.	پوسته‌ای	40R-429690/3482216	۱۷۲۶	سنگ آهک	218
20.02.2010	<i>Acarospora interrupta</i> (Ehrenb.) Vain.	پوسته‌ای	40R-429150/3481901	۱۸۸۵	ماسه سنگ	219
03.06.2010	<i>Caloplaca biatorina</i> (A. Massal.) J. Steiner	پوسته‌ای	40R-429150/3481901	۱۸۸۵	دولومیت	220
05.07.2009	<i>Acarospora strigata</i> (Nyl.) Jatta	پوسته‌ای	40R-429150/3481901	۱۸۸۵	سنگ آهک	221
06.02.2010	<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr.	پوسته‌ای	40R-431512/3474807	۱۷۸۰	ماسه سنگ	222
23.10.2009	<i>Acarospora cervina</i> A. Massal.	پوسته‌ای	40R-429158/3481886	۱۶۵۰	دولومیت	223
11.04.2010	<i>Aspicilia sphaerothallina</i> (J. Steiner) Szatala	پوسته‌ای	40R-429165/3481902	۱۸۰۳	ماسه سنگ	224
26.02.2010	<i>Anamylopsora pulcherrima</i> (Vain.) Timdal	پوسته‌ای	40R-428664/3482906	۲۰۲۹	سنگ آهک	225
10.09.2009	<i>Aspicilia cernohorskyana</i> (Clauzade & V zda) Cl. Roux	پوسته‌ای	40R-428636/3482914	۲۳۲۵	کنگلومرا	226
11.04.2010	<i>Dermatocarpon minutum</i> (L.) W. Mann	برگی	40R-428615/3482902	۲۳۴۳	ماسه سنگ	227
26.02.2010	<i>Caloplaca saxicola</i> (Hoffm.) Nordin <i>s. lat.</i>	پوسته‌ای	40R-425884/3485957	۲۵۲۲	ماسه سنگ	228
07/05.2010	<i>Diploschistes diacapsis</i> (Ach.) Lumbsch	پوسته‌ای	40R-426882/3483410	۲۳۸۹	سنگ آهک	229
03.07.2009	<i>Toninia diffracta</i> (A. Massal.) Zahlbr.	پوسته‌ای	40R-427156/3483152	۲۵۳۲	دولومیت	230
23.10.2009	<i>Peccania terricola</i> H. Magn.	پوسته‌ای	40R-429695/3482220	۱۷۲۶	کنگلومرا	231



شکل ۳- درصد فراوانی جنس‌ها در منطقه.

Fig. 3. Percentage of genera in the region.

در بین فرم‌های رویشی، گل‌سنگ‌های پوسته‌ای با اختصاص ۸۴ درصد، فرم رویشی غالب در منطقه بودند که در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده شدند، در حالی که گل‌سنگ‌های برگ‌ی تنها در تعدادی از ایستگاه‌ها دیده شدند (جدول ۴).

جدول ۴- درصد فراوانی فرم‌های رویشی موجود در منطقه

فرم رویشی	در صد فراوانی
پوسته‌ای	۸۴
برگی	۱۶

گونه‌ای متعلق به ایستگاه‌های ۲ و ۳ و کمترین تنوع سیمپسون مربوط به ایستگاه‌های ۵ و ۷ بود (شکل ۴- A). نتایج مقایسه میانگین شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر در بین هشت ایستگاه نشان داد که بین ایستگاه‌های ۲ و ۳ با ایستگاه‌های ۵ و ۷ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ایستگاه ۲ بیشترین تنوع گونه‌ای و پس از آن به ترتیب ایستگاه‌های ۳ و ۶

آنالیز شاخص‌های مختلف تنوع، غنا، تعداد گونه و ارتفاع نشان داد که همه ایستگاه‌ها از نظر شاخص‌های تنوع و همچنین فاکتور ارتفاع دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین شاخص تنوع سیمپسون نشان داد که ایستگاه‌های ۲ و ۳ با ایستگاه ۷ از نظر تنوع گونه‌ای سیمپسون اختلاف معنی‌داری دارند. همچنین، بین ایستگاه ۲ با ایستگاه ۵ نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین تنوع

نتایج رگرسیون بین ارتفاع و شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون نشان داد که هیچ رابطه خطی بین ارتفاع و تنوع سیمپسون وجود ندارد، اما معادله درجه دو حاکی از آن بود که اجتماعات گل‌سنگ در ایستگاه‌های دارای ارتفاع متوسط دارای بیشترین تنوع می‌باشند. پراکندگی نقاط در طول شیب ارتفاع نشان داد که تنوع و غنای بیشتری در ارتفاعات متوسط وجود دارد، به طوری که در ابتدا از پایین‌ترین ارتفاعات، تنوع سیمپسون رو به افزایش می‌گذارد و سپس از ارتفاعات متوسط که حداکثر مقدار را نشان می‌دهد، به طرف بیشترین ارتفاعات کاهش می‌یابد (شکل ۵- A).

نتایج رگرسیون بین ارتفاع و شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر نیز نشان داد که با وجود نبودن رابطه خطی بین ارتفاع و تنوع شانون-وینر، معادله درجه دو حاکی از آن است که اجتماعات گل‌سنگ در ایستگاه‌های دارای ارتفاع متوسط دارای بیشترین تنوع هستند. پراکندگی نقاط در طول شیب ارتفاع نیز حاکی از این امر بود (شکل ۵- B).

نتایج رگرسیون بین ارتفاع و شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و منهینیک نیز نشان داد رابطه خطی بین ارتفاع و غنای گونه‌ای مارگالف وجود ندارد و معادله درجه دو و نمودار پراکنش نقاط نشان داد که اجتماعات گل‌سنگ در ایستگاه‌های دارای ارتفاع متوسط بیشترین غنای گونه‌ای را دارند (شکل ۵- C, D).

بیشترین تنوع را به خود اختصاص داده بودند. همچنین، ایستگاه‌های ۵ و ۷ کمترین تنوع را داشتند (شکل ۴- B).

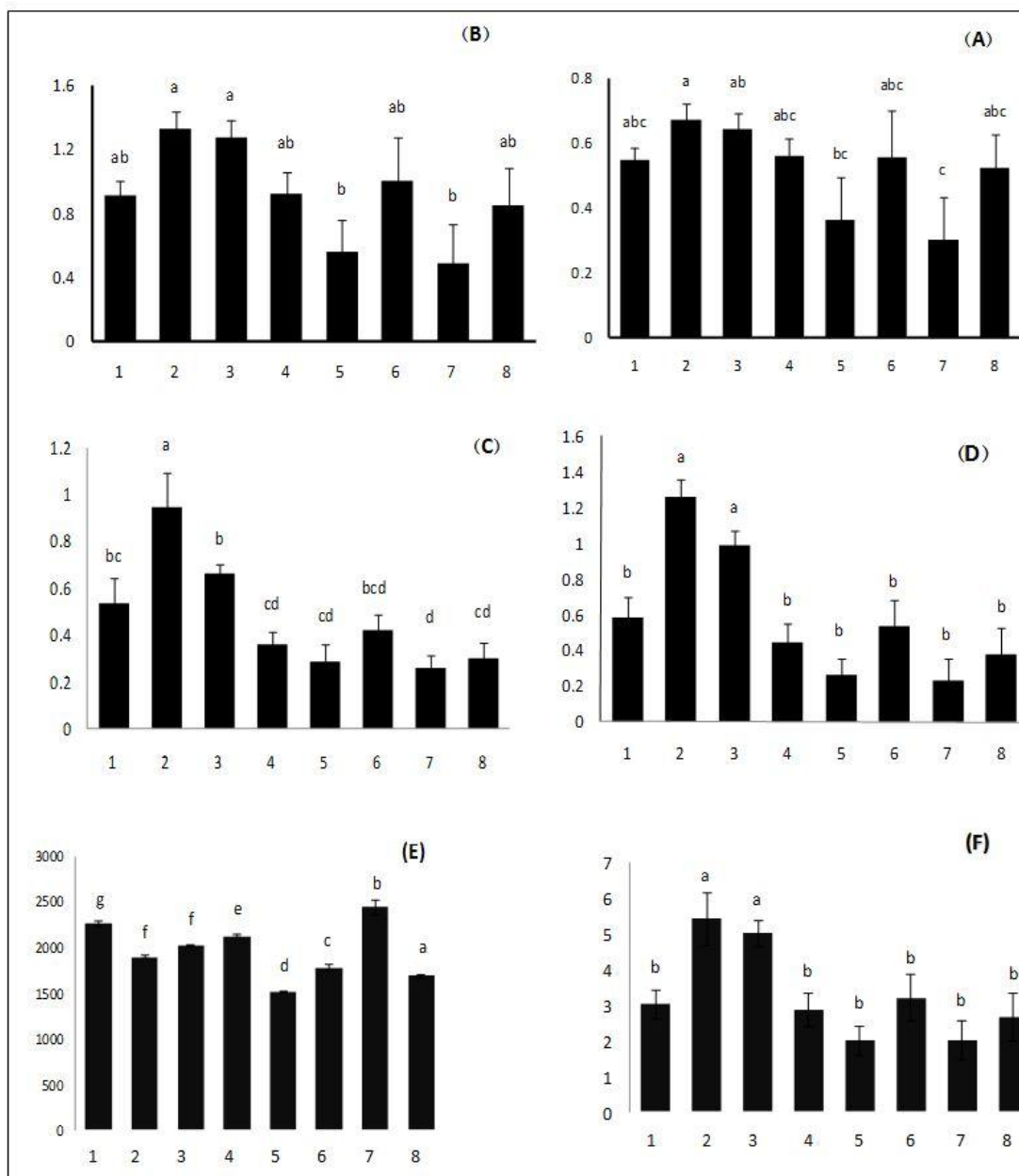
مقایسه میانگین ایستگاه‌ها از نظر شاخص غنای گونه‌ای منهینیک نشان داد که بین ایستگاه ۲ با سایر ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین، ایستگاه ۳ با ایستگاه‌های ۲، ۴، ۵، ۷ و ۸ تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین غنای منهینیک مربوط به ایستگاه‌های ۲ و ۳ و کمترین غنای متعلق به ایستگاه‌های ۵ و ۷ بود (شکل ۴- C).

مقایسه میانگین شاخص غنای مارگالف در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که ایستگاه‌های ۲ و ۳ با دیگر ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری دارند و بیشترین غنای گونه‌ای متعلق به دو ایستگاه ۲ و ۳ و کمترین غنای گونه‌ای مارگالف مربوط به ایستگاه‌های ۵ و ۷ است (شکل ۴- D).

نتایج آنالیز واریانس نشان داد، ایستگاه‌ها از نظر ارتفاع با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان می‌دادند، به طوری که ایستگاه‌های ۱ و ۷ بیشترین و ایستگاه‌های ۵ و ۸ کمترین ارتفاع را دارا بودند (جدول ۵ و شکل ۴- E). همچنین، نتایج آنالیز واریانس میانگین تعداد گونه، تفاوت معنی‌داری را بین هشت ایستگاه نشان داد، به طوری که بیشترین تعداد گونه مربوط به دو ایستگاه ۲ و ۳ در ارتفاعات متوسط بود که مرتبط با تغییرات در تنوع شانون-وینر بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری می‌باشد (شکل ۴- F).

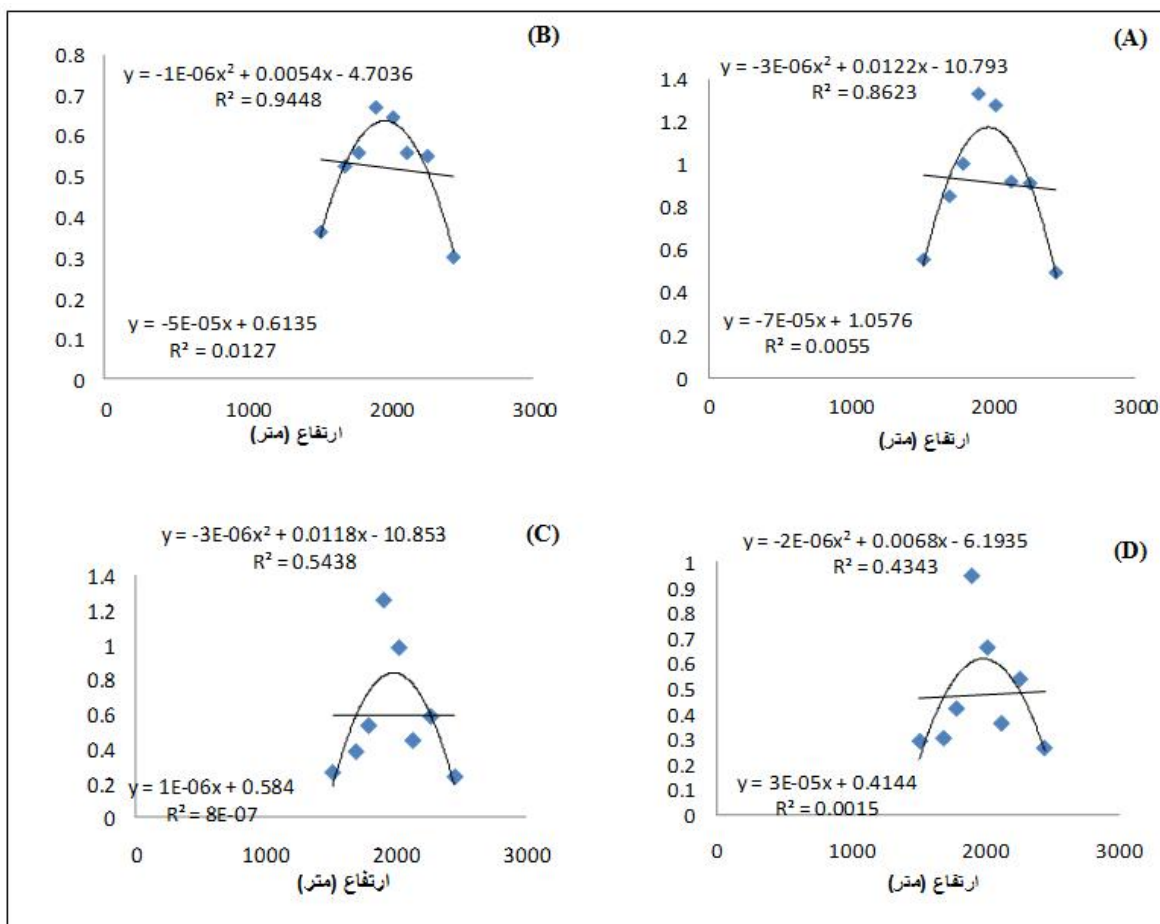
جدول ۵- نتایج آنالیز واریانس شاخص‌های تنوع و غنای ارتفاع و تعداد گونه در ایستگاه‌های مختلف منطقه

مقدار p	مقدار F	شاخص
۰/۰۲	۲/۸۶	شاخص تنوع سیمپسون
۰/۰۱	۲/۹۴	شاخص تنوع شانون-وینر
< ۰/۰۰۱	۱۰/۳۴	شاخص غنای مارگالف
< ۰/۰۰۱	۸/۸۶	شاخص غنای منهینیک
۰/۰۰	۵/۹۵	تعداد گونه
۰/۰۰	۱۰۸/۶۳۳	ارتفاع



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع سیمپسون (A)، تنوع شانون-وینر (B)، غنای منهینیک (C)، غنای مارگالف (D)، ارتفاع (E) و تعداد گونه (F) در ارتفاعات منطقه. مقادیر، میانگین حداقل ۵ تکرار \pm انحراف معیار بوده و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح $P < 0.05$ است. اعداد ۱ تا ۸ در محور افقی معادل ایستگاه‌های موجود در منطقه می‌باشد (ارتفاع به متر).

Fig. 4. Comparison of the mean of Simpson diversity indexes (A), Shannon-Weiner (B), Menhinick richness (C), Margalef richness (D), Height (E) and species number (F) at the elevations of the area. The values are at least 5 repetitions \pm standard deviation and the same letters indicate no significant difference between the means at the level of $P < 0.05$. The numbers 1 to 8 are stations in the region (elevation in meter).



شکل ۵- نمودار پراکنش و خط رگرسیون منطبق بر آن برای ارتباط بین ارتفاع و شاخص‌های تنوع سیمپسون (A)، تنوع شانون-وینر (B)، غنای مارگالف (C) و غنای منهینیک (D) در ارتفاعات منطقه (هر نقطه میانگین حداقل پنج تکرار است).

Fig. 5. Distribution diagram and regression line corresponding to the relationship between height and diversity indexes of Simpson (A), Shannon-Weiner diversity (B), Margalef richness (C), and Manhinick richness (D) at the elevations of the area (each point is average of at least five repetitions).

نمونه در سطح گونه معرفی کرد. موزه گیاه‌شناسی و هرباریوم گل‌سنگ برلین وابسته به دانشگاه برلین، در سال ۲۰۱۰ تعداد ۱۴ گونه گل‌سنگ از استان کرمان ارایه کرد که همه آن‌ها از جنوب استان کرمان جمع‌آوری گردیده بود. همچنین، ولدبیگی (Valadbeigi 2010) تعداد ۲۳ گونه جدید گل‌سنگ برای ایران معرفی نمود که از استان‌های ایلام، چهارمحال و بختیاری، کرمان، گرگان، خوزستان، لرستان و زنجان جمع‌آوری شده بود در حالی که تنها دو گونه *Aspicilia determinate* (H. Magn.) و *Rinodina subnigra* H. Magn و N.S. Golubk. متعلق به استان کرمان بود. لذا براین اساس می‌توان اظهار داشت که بیشتر جمع‌آوری‌هایی که تاکنون از استان کرمان صورت گرفته مربوط به کوه لاله‌زار در اطراف کرمان بوده است. به طور کلی، مستندترین و معتبرترین گزارش‌های ارایه شده از شناسایی

بحث

در سال ۲۰۰۴ میلادی، نخستین چک لیست گل‌سنگ‌های ایران شامل ۳۹۶ گونه همراه با هشت گونه قارچ گل‌سنگ‌زی توسط سیوارد (گل‌سنگ‌شناس اروپایی) با همکاری تعدادی از گیاه‌شناسان ایرانی تهیه شد. پس از آن در سال ۲۰۰۸، تعداد ۱۳۶ گونه جدید گل‌سنگ به چک لیست مذکور اضافه شد که در نهایت یک چک لیست جدید شامل ۵۹۰ گونه گل‌سنگ و ۵۵ گونه قارچ گل‌سنگ‌زی ارایه گردید (Seaward et al. 2008)، اما در هیچ‌کدام گزارشی مبنی بر جمع‌آوری و معرفی گل‌سنگ از استان کرمان مشاهده نشد. در سال ۱۳۸۶، لطفیان (Lotfian 2007) با هدف بررسی اثر آلاینده‌های حاصل از مجتمع مس سرچشمه کرمان بر گل‌سنگ‌های منطقه سرچشمه، تعداد ۲۵ آرایه در ۱۴ جنس را شناسایی و از بین آن‌ها ۱۵

گل‌سنگ‌های استان کرمان حاکی از معرفی تنها ۱۰ گونه گل‌سنگ از این استان به شرح زیر است (Sohrabi 2010b):

Acarospora strigata (Nyl.) Jatta, *Aspicilia excrescens* (J. Steiner) Szatala, *Caloplaca persica* (J. Steiner) M. Steiner & Poelt, *Caloplaca polycarpoides* (J. Steiner) M. Steiner & Poelt, *Diploschistes diacapsis* (Ach.) Lumbsch, *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy, *Lobothallia radiosa* (Hoffm.) Hafellner, *Peccania coralloides* (A. Massal.) A. Massal., *Rinodina subnigra* H. Magn., *Verrucaria compacta* (A. Massal.) Jatta.

در تحقیق حاضر، گل‌سنگ‌های شناسایی شده، از شهرستان کوهبنان و تنها از یک منطقه حفاظت شده در این شهرستان گزارش شد که این تعداد در مقایسه با جمع‌آوری‌ها و شناسایی‌هایی که تا کنون در استان کرمان انجام گرفته قابل توجه و اهمیت می‌باشد و حاکی از آن است که فلور گل‌سنگی استان کرمان بسیار غنی و جای مطالعه فراوانی دارد. همان‌طور که در نتایج ذکر شد، فرم رویشی غالب در منطقه متعلق به گل‌سنگ‌های پوسته‌ای با ۸۴٪ فلور منطقه است. پس از آن، با تفاوت قابل توجهی گل‌سنگ‌های برگ‌ی قرار می‌گیرند. لطفیان (2007) نیز در بررسی گل‌سنگ‌های منطقه سرچشمه کرمان به نتایج مشابهی در مورد غالبیت گل‌سنگ‌های پوسته‌ای دست یافت. الگوهای تنوع گونه‌ای برای هر ناحیه بزرگ ممکن است توسط شیب‌های محیطی از قبیل ارتفاع، رطوبت و دما تعیین و تغییر نمایند (Pausas & Austin 2001, Adam 2017). در سال‌های اخیر، الگوهای غنا و تنوع گونه‌ای در طول شیب ارتفاع، علاقه تعداد زیادی از اکولوژیست‌ها را به خود جلب کرده است (Lieberman et al. 1996, Rahbek 1997, Odland & Birks 1999, Vetaas et al. 2002, Wang et al. 2003, Wangda & Ohsawa 2006)

در مقایسه با گیاهان آوندی، مطالعات کمتری در زمینه بررسی پراکندگی و تنوع گل‌سنگ‌ها در طول شیب ارتفاع انجام شده که در این ارتباط می‌توان به مطالعات برون و همکاران (Bruun et al. 2006) در کوه‌های آلپ، لهماکوهل (Lehmkuhl 2004) در واشنگتن، پینتادو و همکاران (Pintado et al. 2001) در قطب جنوب و همچنین مطالعات ولف (Wolf 1993) در کلمبیا اشاره کرد. همچنین، وانست و همکاران (Vanneste et al. 2017) در نروژ در ارتفاعات واقع در یک پارک ملی به مطالعات مشابهی پرداختند.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای در ایستگاه‌های مختلف که دارای ارتفاع متفاوتی هستند، تغییر می‌کنند و ایستگاه‌های دارای ارتفاعات متوسط بیشترین تنوع و غنای گونه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. بهادر

(Bahadur 2010) نیز در نپال در منطقه‌ای کوهستانی و دارای آب و هوایی مشابه با منطقه مورد مطالعه، در مورد تنوع گل‌سنگ‌ها، به چنین نتایجی دست یافت. مشاهدات مشابهی برای گل‌سنگ‌ها و بریوفیت‌های کلمبیا نیز توسط ولف (Wolf 1993) گزارش شده است. پینوکیو و همکاران (Pinokiyo et al. 2008) در مطالعات خود در شمال‌شرقی هندوستان، بالاترین تنوع گل‌سنگ‌ها را در ارتفاعات متوسط مشاهده کردند. نتایج رگرسیون نیز رابطه تک‌نمایی ارتفاع با شاخص‌های غنا و تنوع را تایید می‌کند و به عبارتی منحنی رسم شده از این رابطه، کوهانی شکل می‌باشد. بهادر (۲۰۱۰) در مطالعه تاثیر ارتفاع بر غنای گونه‌ای گل‌سنگ‌ها، به رابطه تک‌نمایی غنای گونه‌ای با ارتفاع دست یافت. همچنین، نتایج رگرسیون به دست آمده تاییدی بر نتایج پینوکیو و همکاران (۲۰۰۸) است که با انجام رگرسیون بین ارتفاع و شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای گل‌سنگ‌ها، متوجه عدم وجود رابطه خطی بین ارتفاع با تنوع و غنا شدند و با بررسی معادلات درجه دو به نتایجی مشابه تحقیق حاضر رسیدند. پاسکال و همکاران (Pascal et al. 2010) نیز در بررسی تنوع و غنای گونه‌ای گیاهان، بریوفیت‌ها و گل‌سنگ‌ها در کوه‌های آلپ در سوئیس، با انجام رگرسیون متوجه کاهش در غنا و تنوع گل‌سنگ‌ها در ارتفاعات بالا شدند. در بررسی علت این نتایج می‌توان گفت شیب‌های ارتفاعی، شیب‌های بارندگی و دما را منعکس می‌کنند (Whittaker et al. 2001, Wang et al. 2003). بنابراین، تاثیر ارتفاع در تنوع و غنا از طریق تاثیر بر رطوبت و دما می‌باشد و روند ارتفاع در غنا و تنوع گونه‌ای مشابه آنچه در طول شیب عرض جغرافیایی رخ می‌دهد می‌باشد (Brown & Lomolino 1998). در ارتفاعات بالا، دما مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد بوده، در حالی که میزان بارندگی و نوع آن فاکتور مهمی جهت رشد گل‌سنگ‌ها در نظر گرفته نمی‌شوند. در ارتفاعات پایین، رطوبت فاکتور محدود کننده است. ارتفاعات متوسط دارای بارندگی، رطوبت و دمای مطلوب عواملی همسو با رشد گل‌سنگ‌ها بوده و این امر طبیعتاً همراه با بارندگی، موجب افزایش پوشش آن‌ها شده، به طوری که در گیاهان گل‌دار نیز این امر ثابت شده است.

سنچز-گنزالز و همکاران (Sanchez-Gonzalez et al. 2005) در تحقیقی روی غنای گونه‌ای و تنوع گیاهان در طول یک شیب ارتفاعی در مکزیک نیز به چنین نتایجی دست یافتند. همچنین، برون و لومولینو (Brown & Lomolino 1998) در تحقیقی روی اثر ارتفاع و توپوگرافی و غنای گونه‌ای گیاهان آوندی، بریوفیت‌ها و گل‌سنگ‌ها در نواحی کوهستانی به نتایج

معنی‌داری بودند که این نتایج بیانگر آن است که ایستگاه‌ها از نظر شرایط اکولوژیکی حاکم بر هر یک دارای تفاوت‌هایی بودند، زیرا فاکتورهای اکولوژیکی نقش مهمی در رشد، نمو، پراکندگی و تنوع گونه‌های گل‌سنگ ایفا می‌کنند (Brunialti & Giordani 2003). بهترین ایستگاه‌ها در منطقه از نظر شرایط اکولوژیکی مناسب جهت رشد، پراکندگی و تنوع گل‌سنگ‌ها ایستگاه‌های ۲ و ۳ بودند که دارای بالاترین مقدار شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای بوده و در ارتفاع متوسطی در منطقه قرار داشتند. این نتایج حاکی از آن است که شرایط اکولوژیکی ایستگاه‌های ۲ و ۳ محیط مناسب‌تری را نسبت به ایستگاه‌های دیگر جهت رشد گل‌سنگ‌ها فراهم می‌کنند. از آنجا که در شاخص تنوع سیمپسون، اهمیت بیشتری به گونه‌های غالب داده می‌شود، به طوری که با اضافه کردن گونه‌های نادر، تغییر بسیار ناچیزی در مقادیر محاسبه ایجاد می‌کند. بنابراین، با توجه به این که در منطقه تعداد گونه‌های غالب بسیار زیاد بود و تعداد بسیار اندکی گونه نادر وجود داشت، تنوع سیمپسون نسبت به شانون-وینر تصویر دقیق‌تر و نزدیک‌تری از واقعیت جامعه ارائه داد، به طوری که مقدار این شاخص در جامعه نشان‌دهنده این است که جامعه گل‌سنگ‌ها از تنوع خوبی برخوردار هستند (Yemane et al. 2009).

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای دکتر سید منصور میرتاج‌الدینی که در آماده‌سازی مقاله از راهنمایی‌های ایشان استفاده کرده‌اند قدردانی نمایند. همچنین، از جناب آقای پرویز غلامی دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری نیز که در تجزیه و تحلیل آماری همکاری داشته‌اند سپاسگزاری می‌گردد.

مشابهی دست یافتند. رابطه تک‌نمایی تنوع گونه‌ای با ارتفاع می‌تواند به دلیل مخازن گونه‌های موجود در منطقه باشد (Bruun et al. 2006)، به این ترتیب که در ارتفاعات بالا به دلیل وضعیت محیطی ذکر شده، مخازن گونه‌های گل‌سنگ موجود در آن ارتفاعات به علت کاهش تعداد گونه محدود می‌شود (Lieberman et al. 1996). به عبارت دیگر، در ارتفاعات بالا اجتماعات گل‌سنگ، تنها نمونه‌های کوچکی از مخازن گونه‌های موجود هستند، به طوری که اندازه مخازن گونه‌ها با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. بنابراین، روی غنای گونه‌های موجود نیز تاثیر می‌گذارد و در نتیجه، غنا نیز مانند تنوع در ارتفاعات بالا کاهش می‌یابد (Bruun et al. 2006).

در مطالعه حاضر، ایستگاه ۷ با بیشترین ارتفاع (۲۴۵۰ متر) نسبت به سایر ایستگاه‌ها، دارای تعدد گونه و مقدار شاخص‌های تنوع و غنای کمتری بود که از این نظر با ایستگاه‌های ۲ و ۳ تفاوت معنی‌داری داشت. از نظر تعدد گونه نیز، ایستگاه ۵ کمترین تعداد را در بین ایستگاه‌ها دارا بود. بنابراین، می‌توان گفت مخازن گونه‌ها در ارتفاع بالا در منطقه مورد نظر یک فاکتور محدود کننده تنوع می‌باشد. ایستگاه ۴ نیز در ارتفاع متوسطی قرار داشت، به طوری که در این ایستگاه تعداد گونه و غنای گونه‌ای نسبت به سایر ایستگاه‌ها در حد پایینی قرار داشت، اما تنوع گونه‌ای در حد بالایی بود. به عبارتی، این ایستگاه در مقایسه با میزان غنای گونه‌ای که در بین ایستگاه‌ها موجود بود از تنوع بالاتری برخوردار بود. می‌توان این تناقض را به علت وجود زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی در مجاورت آن دانست که در اثر تخریب و دستکاری‌هایی که در رویشگاه‌های منطقه صورت گرفته، جامعه از حالت یکنواختی خارج شده است. طبق نتایج ارائه شده در این تحقیق، تفاوت میانگین تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون و غنای گونه‌ای مارگالف و منهنیک در هشت ایستگاه مورد نظر دارای اختلاف

References

Adam, A. 2017. The Urban Heat Island Effect and Its Impact on Lichen Abundance and Diversity in Jefferson County, Kentucky. Proceedings of the National Conference on Under-graduate Research (NCUR), April 6–8, Tennessee, Memphis: 429.

Alam, M.A. 2014. Growth chamber experiments on lichens: temperature and humidity regimes rapidly shape growth rates and carbohydrate contents. MSc. thesis submitted to the Norwegian

University of Life Sciences, Faculty of Environmental Science and Technology, Department of Ecology and Natural Resource Management, 53 pp.

Bahadur, Ch., Solhoy, T., Gauslaa, Y. & W. Palmer, M. 2010. The elevation gradient of lichen species richness in Nepal. Lichenologist 42(1): 83–96.

Brodo, I.M., Sharnoff, S.D. & Sharnoff, S. 2001. Lichens of North America. Yale University Press, 828 pp., New Haven, Connecticut.

- Brown, J.H. & Lomolino, M.V. 1998. Biogeography. Sinauer Associates, Inc., 691 pp., Sunderland.
- Bruun, H.H., Moen, J., Virtanen, R., Grytnes, J., Oksanen, L. & Angerbjorn, A. 2006. Effects of altitude & topography on species richness of vascular plants, bryophytes and lichens in alpine communities. *Journal of Vegetation Science* 17: 37–46.
- Brunialti, G. & Giordani, P. 2003. Variability of lichen diversity in a climatically heterogeneous area (Ligaria, NW Italy). *Lichenologist* 35: 55–69.
- Crites, S. & Dale-Mark, R.T. 1998. Diversity and abundance of bryophytes, lichens, and fungi in relation to wood substrate and successional stage in aspen mixed wood boreal forests. *Canadian Journal of Botany* 76: 641–651.
- Dobson, F.S. 2005. Lichens, An Illustrated Guide to the British and Irish species. Richmond Publishing. 480 pp.
- Eversman, S. 1982. Epiphytic lichens of a ponderosa pine *Pinus ponderosa* forest in southeastern Montana USA. *Bryologist* 85: 204–214.
- Göbel, F. 1830. Chemical examination of a substance that has rained in Persia, *Parmelia esculenta*. *Journal of Chemical Physics* 60: 393–399 (In German).
- Ghorbani, M. & Azizian, H. 2009. Economic Geological Report 1: 100,000 Kohanban. Pp: 32–47. Geological Survey of Iran, Kerman (In Persian).
- Goodman, D. 1975. The theory of diversity-stability relation in ecology. *Quarterly Review of Biology* 50: 237–266.
- Grytnes, J.A. & Vetaas, O.R. 2002. Species richness and altitude, a comparison between simulation models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Naturalist* 159: 294–304.
- Haji Moniri, M. 2009. History of lichenology in Iran, with some additional lichens from Golestan province (N. Iran). *Iranian Journal of Botany* 15(2): 159–163.
- Hector, A.B., Schmid, C., Beirrkühnlein., Caldeira, M.C. & Diemer, M. 1999. Diversity and productivity experiment in European Plant grasslands. *Journal of Science* 139: 1123–1126.
- Index Fungorum, 2016. <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>.
- Kazemi, S.S. & Ghahremaninejad, F. 2008. New records of lichen species from Iran. *Iranian Journal of Botany* 14(2): 171–172.
- Lehmkuhl, J.F. 2004. Epiphytic lichen diversity and biomass in low-elevation forests of eastern Washington Cascade range, USA. *Forest Ecology and Management* 187: 381–392.
- Lesica, P., McCune, B., Cooper, S.V. & Hong, W.S. 1991. Differences in lichen and bryophyte communities between old-growth and managed second-growth forests in the Swan Valley Montana. *Canadian Journal of Botany* 69: 1745–1755.
- Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R. & Hartshorn, G.S. 1996. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology* 84: 137–152.
- Lotfian, S. 2007. Identification of lichens around Sarcheshmeh copper complex and investigation of the effect of pollutants from the complex on them, with special attention to *Rhizoplaca melanophthalma*. MSc thesis, submitted to the Shahid Bahonar University, Kerman, Iran, 98 pp. (In Persian).
- Margalef, R. 1958. Temporal Succession and Spatial Heterogeneity in Phytoplankton. *In: Perspectives in Marine Biology*. Pp. 323–347. University of California Press, Berkeley.
- McCune, B. & Geiser, L. 1997. Macro lichens of the Pacific Northwest. Pp. 279–302. Oregon State University Press.
- Mesdaghi, M. 2005. Plant Ecology. Pp. 90–123. Mashhad University Press (In Persian).
- Nascimbene, J. & Marini, L. 2015. Epiphytic lichen diversity along elevational gradients: biological

- traits reveal a complex response to water and energy. *Journal of Biogeography* 42: 1222–1232.
- Odland, A. & Birks, H.J.B. 1999. The altitudinal gradient of vascular plant species richness in Aurland, Western Norway. *Ecography* 22: 548–566.
- Orange, A., James, W. & White, J. 2001. *Microchemical Methods for the Identification of Lichens*. British Lichen Society, 101 pp., London.
- Pascal, V., Martin, C., Romain, M., Luca, M., Mathias, V. & Jean-Paul, T. 2010. Subalpine-nival gradient of species richness for vascular plants, bryophytes and lichens in the Swiss Inner Alps. *Botanica Helvetica* 120(2): 105–115.
- Pausas, J.G. & Austin, M.P. 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. *Journal of Vegetation Science* 12: 153–166.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 3: 131–144.
- Pinokiyo, A., Singh, K.P. & Singh, J.S.H. 2008. Diversity and Distribution of Lichens in relation to altitude within a protected biodiversity hot spot, north-east India. *The British Lichen Society. The Lichenologist* 40: 47–62.
- Pintado, A., Sancho, L.G. & Valladares, F. 2001. The influence of microclimate on the composition of lichen communities along an altitudinal gradient in the maritime Antarctic. *Symbiosis* 31: 69–84.
- Rahbek, C. 1997. The relationship among area, elevation, and regional species richness in Neotropical birds. *American Naturalist* 149: 875–902.
- Sanchez-Gonzalez, A. & Lopez-Mata, L. 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distribution* 11: 567–575.
- Seaward, M.R.D., Sipman, H.J.M., Schultz, M., Maassoumi, A.A., Haji Moniri, M. & Sohrabi, M. 2004. A preliminary lichen checklist for Iran. *Willdenowia* 34: 543–576.
- Seaward, M.R.D., Sipman, H.J.M. & Sohrabi, M. 2008. A revised checklist of lichenized, lichenicolous and allied fungi for Iran. *Sauteria* 15: 459–520.
- Shahla, S. Maassoumi, A. & Rajamand, M. 2008. Study of Identification and Distribution of Cyanolichens from Iran. Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Iran, 110 pp. (In Persian).
- Shannon, C.E. & Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL: University Illinois Press, 125 pp.
- Sheard, J.W. & Jonesen, M.E. 1974. A multivariate analysis of the distribution of lichens on *Populuslemuloides* in West-Central Canada. *Bryologist* 77: 514–530.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 168: 688.
- Sipman, H. 2003. Provisional Key for Lichen Genera and Some Species of Iran. Retrieved from <http://www.bgbm.org/Sipman/keys/Irangenera.htm>. On: 12 June 2010.
- Sohrabi, M. 2010a. A History of Iranian Lichenology. URL: <https://www.myco-lich.com>.
- Sohrabi, M. 2010b. A Preliminary Checklist for Lichenized Fungi of Kerman province, Iran. URL: <https://www.myco-lich.com>.
- Sohrabi, M. & Alstrup, V. 2007. Additions to the lichen mycota of Iran from East Azerbaijan province. *Mycotaxon* 100: 145–148.
- Sohrabi, M. & Orange, A. 2006. New records of sorediate lichens from Iran. *Iranian Journal of Botany* 12: 101–103.
- Sohrabi, M. & Ghobad-Nejhad, M. (eds). 2010. *Myco-Lich: Online Mycology-Lichenology of Iran*. URL: <http://www.myco-lich.com>.
- Sohrabi, M. & Vagn, A. 2007. Additions to the lichen mycota of Iran from East Azerbaijan Province. *Mycotaxon* 100: 145–148.
- Szatala, O. 1940. Results of a botanical journey to the Iran. *Analen des naturhistorischen Museum in Wien* 50: 410–536 (In German).

- Uliczka, H. & Angelstam, P. 1999. Occurrence of epiphytic macrolichens in relation to tree species and age in a managed boreal forest. *Ecography* 22: 396–405.
- Valadbeigi, T., Thorsten, Lumbsch, H., Sipman, H.J.M., Riahi, H. & Maassoumi, A. 2010. Additions to our knowledge of lichens and lichenicolous fungi in Iran. *Mycotaxon* 110: 455–458.
- Vanneste, T., Michelsen, O., Graae, B.J. & Kyrkjeeide, M.O. 2017. Impact of climate change on alpine vegetation of mountain summits in Norway. *Ecological Research* 32: 579–593.
- Vetaas, O.R. & Grytnes, J.A. 2002. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. *Global Ecology and Biogeography* 11: 291–301.
- Wang, G.H., Zhou, G.S., Yang, L.M. & Li, Z.Q. 2003. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology* 165: 169–18.
- Wangda, P. & Ohsawa, M. 2006. Gradational forest change along the climatically dry valley slopes of Bhutan in midst of humid eastern Himalaya. *Plant Ecology* 186: 109–128.
- Whittaker, R.J. Willis, K.J. & Field, R. 2001. Scale and species richness: towards a general hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453–470.
- Wolf, J.H.D. 1993. Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the northern Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 928–960.
- Yemane, T., Zeratsion, A., Afework, K. & Berhane, G. 2009. Dynamic Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Diversity Management in Situ and Livelihood Resilience in South and Central Tigray Region, Ethiopia*. Corporation for National and Community Service (CNCS). Mekelle University 1(2): 67–94.
- Yuguang, B., Abouguendia, Z. & Redmann, R.E. 2001. Relationship between plant species diversity and grassland condition. *Journal of range Management* 54: 177–183.