فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۴، بهار ۹۷

بررسی بیوفیلم گلسنگی سطوح صخره‌ای روستای تاریخی کندوان

پریا ابراهیمی وفایی [۱]

جعفر همت [۲*]

j.hemmat@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۶ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۱۰/۱۵**

چکیده

با توجه به اهمیت پایش تنوع زیستی و مراقبت از آثار تاریخی و باستانی هم چنین مشاهده رشد بعضی از انواع گلسنگ ها بر روی سطوح صخره های روستای تاریخی کندوان، در این تحقیق پوشش گلسنگی سطوح سنگی آن روستا مورد بررسی قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه سطوح صخره ای محوطه تاریخی روستای کندوان تعیین شد. پس از نمونه برداری گلسنگ ها از مناطق تعیین شده مستندسازی آن ها صورت گرفت. شناسایی نمونه ها بر اساس کلید شناسایی گلسنگ ها وتوجه به خصوصیات ریخت شناسی، تشریحی و ساختار بستر رویش انجام گرفت. با توجه به الگوهای پراکنش متفاوت گلسنگی در سطوح سنگی روستا تلاش شد ارتباط آن با عوامل محیطی و فعالیت های انسانی بررسی گردد. نتایج نشان داد در روستای کندوان بیش از ۴۲ گونه مختلف گلسنگ به عنوان تنوع زیستی و بیوفیلم موجود درسطوح صخره ها کلونیزه شده اند. برای اولین بار در اینجا ۹ گونه منتخب به عنوان گونه های شایع سطوح سنگی این زیستگاه معرفی می گردند که نقش مهمی در تغییر سیمای صخره ها دارند. بر اساس ارزیابی اولیه عوامل اکولوژیکی حاکم بر روستای کندوان از جمله، معماری، آب و هوا و فعالیت های انسانی می توانند تنوع زیستی و توسعه گلسنگ ها را تحت تاثیر قرار دهند. اما نقش محافظتی ویا تخریب زیستی آن ها بر سنگ ها نیازمند مطالعات تکمیلی می باشد.

کلمات کلیدی: فرسایش زیستی، آثار تاریخی، عوامل محیطی و انسانی.

۱- کارشناس ارشد میکروبیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی اشکذر، ایران.

۲- استادیارپژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.*(مسوول مکاتبات)

مقدمه

روستای باستانی کندوان[1] از توابع شهرستان اسکو می‌باشد که در ۶۲ کیلومتری جنوب غرب شهر تبریز واقع در موقعیت جغرافیایی ″۵۲ ′۴۷ °۳۷ تا ″۲۸ ′۴۷ °۳۷ عرض شمالی و ″۲۷ ′۱۴ °۴۶ تا ″۰۵ ′۱۵ °۴۶ طول شرقی، و ارتفاع متوسط ۲۲۴۴ متر از سطح دریا و در دامنه شمال‌غربی توده آتشفشانی سهند قرار گرفته است. از نظر زمین‌شناسی، این منطقه به زون ساختاری البرز - آذربایجان تعلق دارد و این روستا تا بحال تحت تاثیر عوامل مخرب طبیعی مانند باد، باران، برف، آب های جاری و غیره قرار داشته است (۱). بافت سنگ ایگنمبریت مخروط های سنگی روستای کندوان از ماگمای سیلیسی بوجود آمده اند. فرسایش مخصوص این ایگنمبریت‌ها که ناشی از نیروی مکانیکی آب های جاری است منظره ناهموار و بریده بریده و گاهی به صورت مخروط های کنار هم چیده شده را به آنها داده است. روستای کندوان بهترین نمونه از این مورفولوژی است. با توجه به شواهد صحرایی سن این واحدها نیز به اواخر میوسن نسبت داده می‌شوند(شکل ۱) (۱-۳).

شکل۱- تصویراز بافت سنگ ایگنمبریت مخروط های سنگی روستای کندوان (۲).

این روستا به همراه کاپادوکیه در ترکیه و داکوتا درآمریکا، ۳ روستای صخره‌ای جهان هستند که موجب جذابیت بی‌نظیر آن ها شده است. اما معماری روستای کندوان و جاری بودن زندگی مردم در قالب بافت قدیمی آن یک استثناء در دنیا به حساب می‌آید. چرا که امروزه کسی در کاپادوکیه و داکوتا زندگی نمی‌کند.

1-Kandovan

فریس[2] و همکارانش در سال۱۹۹۷ مطالعات خود را روی ساختار شیمی زمین و میکروارگانیسم های ایندولتیک موجود در سنگ آهک صخره‌های نیاگارا انجام دادند وجوامع میکروبی ایندولتیک غالب را که سیانوباکتری های فتو سنتزکننده در عمق ۳-۰/۵ میلیمتری داخل سنگ آهک دولومیتیک[3] تخته سنگ‌های عمودی نیاگارا در اونتاریوی کانادا بودند، و اهمیت آنها را به عنوان مهم ترین عامل فرسایشی در مقبره های تاریخی نیز مورد بررسی قرار دادند(۳).

پینهو[4] و همکارانش در سال ۲۰۰۴ تنوع زیستی گلسنگی را به عنوان اولین گام در تعیین آلودگی هوا معرفی کردند (۴).

گارسیا[5] و همکاران در سال ۲۰۰۳ روی گلسنگ‌های مقبره‌های روستای صخره ای کاپادوکیای ترکیه نقش فعل وانفعالات بین رطوبت، دماهای سطح صخره و پوشش گلسنگی اپی لتیک را در محافظت بیولوژیکی از سنگ‌های آهکی[6] ساختمانها ومحیط مورد بررسی قرار دادند (۵).

گوربوشینا[7] و همکاران در سال ۲۰۰۷ روی بیوفیلم‌هایی تحقیق کردند و از لحاظ اینکه روی سطح زمین زندگی می‌کنند لفظ بیوفیلم سطحی(SAB)[8] را برای گلسنگ هایی که روی مواد معدنی جامد در معرض اتمسفر زندگی می‌کنند ابداع نمودند. این بیوفیلم ها توسط اجتماعات قارچ، آلگ، سیانوباکتر، و باکتری های هتروتروفیک ایجاد گشته و تابع تغییرات آب و هوایی بودند که تاثیر وجود آنها روی صخره‌ها، وتحریک فرسایش به صورت بیولوژیکی را از طریق فعالیت متابولیکی و واکنش های فیزیکی و شیمیایی، مورد بررسی قرار دادند.

SAB اکوسیستم های میکروبی کوچکی هستند که روی ساختمان ها، دیواره صخره‌ها، در صحراها، کوهستان‌ها و در همه فضاهای جغرافیایی که به طور مستقیم با اتمسفر و

2-Ferris
3-Dolomitic
4-Pinho
5-Garcia
6-limestone
7-Gorbushina
8-Surface associate biofilm: SAB

تشعشعات خورشیدی برخورد می‌کنند ایجاد می‌گردند و قدرت بالای تحمل را به اجزا تشکیل دهنده خود اعطا می کند(۶).

آرمسترانگ[1] و همکاران در سال ۲۰۱۰ روی رشد گلسنگ‌های گونه کروستوز[2] بررسی‌های خود را انجام دادند. در این بررسی‌ها دریافتند که گونه‌های کروستوز در بین گلسنگ‌ها دارای کمترین سرعت رشد می‌باشند به خصوص گروه ریزو کارپون[3] سبز_ زرد که دارای رشد آرام وعمر طولانی می‌باشند و آن ها را تبدیل به یک عامل مهم قابل نمایش در سطوح کرده است (۷).

ویرشوز[4] و همکاران در سال ۲۰۱۳ در کویر بیش از حد خشک آتاکاما در شیلی، که خشک ترین ومهم ترین محدوده زندگی بر روی زمین می‌باشد نشان دادند که سنگ ایگنمبریت واجد ترکیب ریولیتیک[5] که بطور ضعیف بهم جوش خورده است، به فراوانی توسط سیانو باکتری‌های ایندولتیک و باکتری های هتروتروف کلونیزه شده است. این اولین مثال شناخته شده از یک جامعه میکروبی ایندولیتیک کلونیزه کننده سنگ-ایگنمبریت در یک محیط شدیدا خشک است (۸). با توجه به اهمیت پایش تنوع زیستی و مراقبت از آثار تاریخی و مشاهده رشد بعضی از انواع گلسنگ ها بر روی صخره های ایگنمبریت-روستای تاریخی کندوان، در این تحقیق پوشش گلسنگی سطوح سنگی آن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

مطالعه منطقه و بخش بندی میدانی

ارتفاع این روستا از سطح دریا ۲۲۲۵ متر بوده که ارتفاع پایین ترین خانه صخره ای نمونه برداری شده ۲۲۳۶ متر وبالاترین آن ۲۳۶۷ متر می‌باشد. دره این منطقه از ۳۵۰ درجه جنوب غربی تا ۱۷۲ درجه جنوب شرقی ادامه دارد که زمین های زیر کشت یونجه نیز در امتداد آن قرار دارد که منطقه ۲۴۷ درجه جنوب غربی تا ۱۵۲ درجه جنوب شرقی را شامل می‌گردد(۲).

از بین گلسنگ‌های رشد یافته در سطوح این صخره‌ها نمونه گیری انجام گرفت و با توجه به اینکه خانه‌های صخره ای از ارتفاعات پایین تا بالا وجود دارند، از پایین ترین آنها که در ارتفاع۲۲۳۶ متری واقع شده بود، وبلندترین آنها که در ارتفاع ۲۳۶۷ متری قرار داشت شامل مناطق A، B، C وD نمونه-برداری انجام گردید. در مطالعات ماکروسکوپی، قبل از نمونه-برداری از سطح صخره حاوی گلسنگ، گلسنگ را با ذره بین به دقت بررسی کرده و با توجه به مورفولوژی گلسنگها، بررسی اولیه شد. و از نمای نزدیک آنها عکسبرداری انجام گرفت. و توسط یک کاردک نازک تا حد امکان از زیر سطح گلسنگ مورد نظر به عمق۱- ۰/۵سانتی متر نمونه مورد نظر را از سطح صخره جدا کرده وبا چسپ چوب از قسمت زیر سطح سنگ روی مقوایی چسپانده تا تماس با سطح گلسنگ مورد نظر پیدا نکند.

شناسایی گلسنگ ها

شناسایی گلسنگ ها با توجه به مشخصات آن ها و بر اساس کلید شناسایی مرجع انجام شد(۹).

نتایج

تاثیر بستر سنگی بر پراکنش گلسنگ ها

بر اساس مشاهدات گلسنگ‌های منطقه کندوان بر روی صخره های ایگنمبریتی این منطقه دیده می‌شوند. ضمن آن که در تمام سطوح صخره ها به صورت یکسان پراکندگی نشان نمی-دهند. علاوه بر این، این جوامع خاص بر روی انواع دیگر سنگ‌های اطراف، سیمای مشابهی را نشان نمیدهند. به عبارتی ایگنمبریت ها به دلیل ساختار نفوذ پذیرشان بسترساز رشد موجودات اپی لیتیک و ایندولایتیک از جمله گلسنگ‌ها شده اند (۸). و سطوح خانه‌های صخره ای این روستا را به عنوان زیستگاه انتخاب کرده اند. نوع سنگ عامل مهمی در کلونیزاسیون وتشکیل بیوفیلم گلسنگی این منطقه هستند.

گونه های گلسنگ

1-Armstrong
2-Crustose
3-Wierzchos
4-Rhiolethic

با توجه به بررسی‌های اولیه گلسنگ های موجود در سطح این صخره‌ها حاصل از ۶۳ نمونه، ۴۲ گونه گلسنگ را شامل می-شود. از بین گلسنگ‌های رشد یافته روی صخره‌ها، ۹ گونه شایع از این گلسنگ‌ها به شرح ذیل معرفی می گردند:

Caloplaca biatorina (A. Massal.) J. Steiner

Caloplaca decipiens (Arnold) Blomb. & Forssell – Steiner

Caloplaca trachyphylla (Tuck.)Zahlbr

Caloplaca molariformis (Frolov, Vondrák, Nadyeina & Khodos).

Candelariella vitellina (Hoffm.)Müll. Arg.

Lecanora dispersa (Pers.) Sommerf- Lecanora crenulata Hook

Acarospora stapfiana (Müll. Arg.) Hue و *Protoparmeliopsis muralis(Schreb.) M. Choisy*

هریک از گلسنگ های فوق که برای برای اولین بار به عنوان بیوفیلم سطوح مخروط های کندوان معرفی می گردند دارای ویژگی های ریخت شناسی خاص خود هستند و تعاملات متعددی را درون خود، با سنگ بستر، گونه(های) مجاور و محیط دارند. که به لحاظ ماهیت و موضوع در اینجا بحث نمی-شود. در این مقاله سوابق منتشره در خصوص انتشارجهانی، بستر های انتخابی جهت رویش و مناطق گزارش شده ایران در جدول(۱) آورده می شود.

جدول۱. مقایسه چک لیست اولیه گلسنگ های کندوان با گزارشات و چک لیست های قبلی(۱۰و ۱۱) .

گونه گلسنگ	بستر ومحیط زیست	انتشار و اکولوژی	تاریخچه در ایران
Candellariela vitelline	روی صخره‌های فاقد کلسیم، چوب وتوزیع جهانی روی پوست درختان در محیط های بیابانی رایج است، بطور عمده روی صخره‌ها در کوهستان آزاد و زیستگاه های ساحلی در جنوب کالیفرنیا، آریزونا، باجاکالیفرنیا،	۲۳۵۹۱ مورد مشاهده در کشورهای یونان- سویس- بریتانیا- ایالت متحده آمریکا – اسپانیا- استرالیا-آلمان- دانمارک- نروژ-کانادا- ایتالیا- ایران- فنلاند-فرانسه- ارمنستان- بلغارستان- ایرلند- آنتراکتیکا-ایسلند- اسلونیا- لهستان- کوستاریکا- هلند و اطریش، که بیشترین مشاهدات ثبت شده در بریتانیا می‌باشد .	اصفهان- ۲ کیلومتر مانده به گهرود. گلستان- ۱۵ کیلومتر مانده به تپه مروه - مازندران چالوس،
Acarospora stapfiana	مورد توجه زیستگاه های میکروبی یا صخره‌های آهکی می‌باشد، پارازیت روی caloplaca trachphylla، در شمال غربی آمریکا، آریزونا تا جنوب کانادا بر روی calaploca trachyphylla بصورت پارازیت	ایران، ترکیه، افغانستان، و شمال غربی آمریکا، تا سال ۰۷/۲۰۰۹: ۹۴رویداد در کشورهای ایالت متحده آمریکا - ایران - ترکیه - کانادا - افغانستان - فدراسیون روسیه - قزاقستان - نامبیا – که بیش ترین مشاهدات در ایالت متحده آمریکا ثبت شده است .	خراسان. نیشابور به سمت کاشمر، ریوش کلات تیمور، روی صخره،
Caloplaca trachyphylla	سنگ‌های آهکی و یا غیر آهکی	اروپا، شمال امریکا، و شمال آسیا: بر اساس مشاهدات ثبت شده تا سال ۰۱/۲۰۱۱، ۳۳۶ مورد در کشورهای ایران، ایالت متحده آمریکا، کانادا، ترکیه و روسیه و مغولستان دیده شده که بیش ترین مشاهدات مربوط به ایالت متحده آمریکا می‌باشد. بیشترین انتشار: آریزونا .	خراسان، نیشابور به سمت کاشمر، ریواش، کلات تیمور، روی سنگ. کردستان.بیجار- آذربایجان غربی. سراینده.
Caloplaca molariformi	اپی لیتیک در زیستگاه های آفتابی، روی سنگ‌های آهکی نرم، سنگ‌های دارای کلسیم، ماسه سنگ و یا tuff با مقدار زیادی آهک (همیشه با HCL واکنش	در دشت ها و صحراهای ایران، قزاقستان، بخش اروپای ترکیه، و روسیه جنوبی و در ارتفاعات ۲۱۰۰- ، جلگه و یا جنگل -	تا کنون منطقه کامل آن در سایت گلسنگ شناسی مشخص نشده است.

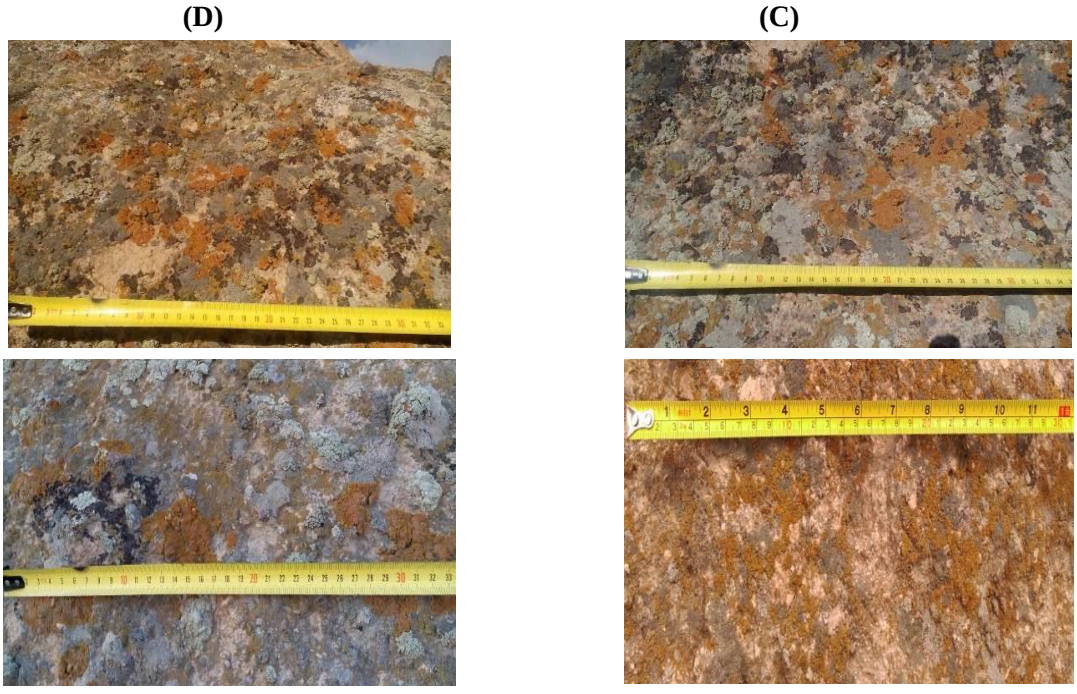
	می دهد).		
Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) M. Choisy	روی سنگ خارا، بازالت، ریولیت، گرانیت، ماسه سنگ، و سنگ آهک؛ گاه و بیگاه روی پوست درختان به صورت خیلی گسترده	تحمل دمایی زیاد، در اروپا، آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، آفریقا، ماکارونزیا، اقیانوسیه و استرالیا. هلند - نروژ- بریتانیا- آلمان- آمریکا- مغولستان- یونان- بلغارستان- ایران- فرانسه - مکزیک- اسپانیا - ایتالیا- شیلی - آرژانتین - چین - اکراین - روسیه - ایران (۷۶). انتشار در صحرا: آریزونا، کالیفرنیای جنوبی، باجا کالیفرنیا، سور، و سونوران،	گلستان، روی صخره‌های آهکی. خراسان: شمال نیشابور، سرولایت. قوچان -آذربایجان غربی. ساحل ارومیه. کردستان، بیجار. تهران. جاده آمل.
Lecanora crenulata	روی صخره‌های آهکی	انتشار جهانی: به طور گسترده در نیمکره شمالی. بیش ترین انتشار: آریزونای شمالی، کالیفرنیای جنوبی، و باجا کالیفرنیا. بر اساس مشاهدات ثبت شده تا سال ۲۰۱۴/ ۰۱: ۷۲۹۸ مورد در کشورهای: بریتانیا، سویس، آلمان، انگلیس، ایرلند، روسیه، نروژ، اسپانیا، فرانسه، پرتقال، ارمنستان، ایران، اطریش، چکوسلواکی، لهستان دیده شده است.	گلستان: ۲۰ کیلومتری جاده اسلام آباد به اشکانه. خراسان: جنوب غربی گنبد، کلات – کردستان.بیجار.
Lecanora dispersa	غالبا اندولیتیک -طیف گسترده ای از بسترها از جمله: صخره های کربناتی یا غیر کربناتی، سنگ آهکی و سیلیسی، بتن و ملات، پوسته درخت آلوده به گرد و غبار و بسیاری از بسترهای ساخته دست بشروهمچنین روی گلسنگ‌های دیگر در مناطق شهر نشین و روستایی مقاوم به آلودگی در قسمت های سرشار از مواد غذایی.	به ترتیب و بر اساس تعداد مشاهدات ثبتی: بریتانیا، ایرلند، آلمان، سوئد، یونان، آمریکا، نروژ، اطریش که حدود ۹۰٪ مشاهدات مربوط به بریتانیا می‌باشد .	گلستان، جنگل گلستان، ۹۲۵ متر، در درخت بلوط -
Calaploca biatorina	انواع سنگ، سنگ آهک یا غیر آهکی، سنگ دارای کلسیم یا فقط ملات، موزائیک، گاهی مناطق کوهستانی و سرد در دیواره‌های عمودی و قله صخره‌ها، اغلب در شرایط آفتابی، و در زیستگاه‌های مصنوعی و ساختگی نادر می‌باشد.	به عنوان یک گلسنگ جدید در سوئیس اولین بار در سال ۱۹۶۸ گزارش شده است. در اسکاندیناویا، نروژو درفنلاند خیلی کم مشاهده شده است. گونه‌ها به طور وسیع بوده اما در مرکز و بخش جنوبی اروپا و شمال آفریقا نادر می‌باشد.	اصفهان: ۲ کیلومتر به گهرود از کامو. گلستان: ۲۰ کیلومتری جاده اسلام آباد به اشکانه، روی سنگ‌های آهکی-اردبیل. جاده نیر- آذربایجان غربی. شیرین بلاغ.

وضعیت پراکنش کلی گلسنگ‌ها

با افزایش ارتفاعات از منطقه A به منطقه D، تفاوت در تنوع و تعداد گلسنگ‌ها نمود پیدا می کند. ولی ارتفاع تنها عامل تعیین کننده نیست. چراکه الگوی تغییر در نقاط- هم ارتفاع، ثابت و یکسان نیست(شکل ۳و۲). با توجه به این که حداکثرارتفاع این خانه های سنگی بیشتر از ۱۵ متر نبوده و فاصله پایین ترین مکان نمونه برداری تا بالاترین مکان نمونه- برداری شده حدود ۳۱ متر می باشد، و تنوع گلسنگ‌ها نمود بیشتری دارد، به نظر می رسد در حدفاصل این ارتفاع متغیرهایی مانند شیب، فعالیت های انسانی، جهت آفتاب و باد

بر پراکنش گلسنگ ها تاثیر گذاربوده است. بطوری که در منطقه D (درارتفاع ۲۲۶۷ متری) و منطقه A به عنوان بالاترین محدوده نمونه برداری شده(در ارتفاع۲۲۳۶ متری) تنوع گونه ای متفاوتی در جامعه گلسنگی مشاهده گردید(تصویر ۲).

شکل ۲- تاثیر ارتفاع در تعداد و تنوع گلسنگ‌ها



شکل۳- پراکنش گلسنگ‌ها در چهار سطح نمونه برداری مناطق D ، C وB و A مورد مطالعه

تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش کلی گلسنگ بر سطوح صخره‌ها

بر اساس مشاهدات انجام گرفته میدانی پراکنش کلی گلسنگ‌ها در رابطه با عوامل محیطی قرار دارد. به واسطه هندسه و معماری خاص روستا، و عدم وجود الگوی ثابت- پراکنشی گلسنگ ها در سطوح صخرهای روستا، اظهار نظر- قطعی و مطمئنی از تاثیرگذری هر یک از عوامل محیطی و میزان آن ها نمی توان ارایه کرد. به نظر می رسد تاثیر گذاری این عوامل یکسان نیست. اما عوامل مستعد کننده رشد و توسعه گلسنگ ها فراهم است.

بادهای واجد رطوبت دریاچه ارومیه، همچنین اثرات ملایم‌کننده بخارهای دریای خزر، جریان های مرطوب دریای- مدیترانه از سمت غرب و جنوب غربی و توده‌های هوای سرد- سیبری نیز از شمال همگی بر آب و هوای آن اثر می‌گذارد. گرچه بادهای غالب منطقه در فصول پاییز و بهار جهت جنوب غربی و در فصول زمستان و تابستان نیز جهت شرقی و شمال شرقی دارند(۱۴و ۱۳).

تاثیر زمین های کشاورزی

با توجه به مجاورت مزارع زیر کشت یونجه در مناطق پایین دستی روستا و با توجه به اینکه یونجه قادر به تثبیت ازت هوا توسط باکتری های همزیست موجود در گره های ریشه می‌باشد، طی چندین سال عمر خود مقدارزیادی مواد آلی و ازت در خاک باقی می‌گذارند. ازت تثبیت شده در گره های- موجود در ریشه بصورت آلی بوده و با افزایش سن گیاه به تدریج این گره ها از ریشه جدا شده در خاک قرار گرفته و تجزیه می‌شود و بخشی از آن توسط باد به صخره ها منتقل می شوند. با توجه به نیاز گلسنگ‌ها به ازت معدنی(۱۴) و با توجه به مسیر وزش بادها و قرار گرفتن زمین های زیر کشت یونجه (جنوب غربی تا جنوب شرقی) در مسیر وزش این بادها، باعث انتقال خاک های ازته بر روی سطح صخره‌ها وافزایش رشد و پراکنش گلسنگ‌ها می‌گردد.

تاثیر محل نگهداری دام

با کمی تامل در ساختار خانه‌های این روستا مشاهده می‌شود که در قسمت زیرین ویا کناری خانه‌های صخره ای این روستا محلی برای نگهداری حیوانات اهلی از جمله گوسفند و ماکیان تعبیه شده است. با در نظر گرفتن این نکته که کود آلی شامل فسفر، ازت و پتاسیم است این سه عنصر به وفور در دسترس گلسنگ ها می‌باشد. علاوه بر این، ذبح این حیوانات در کنار صخره‌ها وجاری کردن محتویات دستگاه گوارشی آن ها بر روی سطح خاک کنار خانه‌های صخره ای وجاری شدن آن ها به - کلیه سطوح طبقاتی روستا با توجه به پلکانی بودن این خانه‌ها، را بایست در نظر گرفت. سطوح طبقاتی این روستا خاکی بوده و خاک این منطقه همیشه در حال پراکنده شدن توسط جریانات آب وهوایی ورفت وآمد عابرین واحشام می‌باشد. بنابراین به صورت پیوسته عناصر غذایی مورد نیاز گلسنگ ها در اختیارشان قرار می گیرد.

بحث و نتیجه گیری

گزارشات پراکنده ای از ایران و جهان در خصوص ۴۲ گونه گلسنگ کلونیزه شده در سطح صخره های کندوان وجود دارد که تنوع زیستی قابل توجهی است و اولین بار در این اقلیم گزارش می شود. ضمن آن‌که *Caloplaca molariformi* گونه ای است که در چک لیست ایران هنوز گزارش نشده اند. بر اساس ارزیابی اولیه عوامل اکولوژیکی حاکم بر روستای کندوان از جمله، معماری، آب و هوا و فعالیت های انسانی می- توانند توسعه گلسنگ ها را تحت تاثیر قرار دهند. که برخی از آنها سوابق تخریب سنگ ها و برخی نقش محافظتی را داشته اند. مطالعه تاثیرات عوامل موثر بر این پوشش گلسنگ، می توانند توزیع گلسنگ ها بر سطوح صخره ها را تحت تاثیر قرار دهند. اما تعیین نقش محافظتی ویا تخریب زیستی آنها بر سنگ ها نیازمند مطالعات بیشتر می باشد.

طی بررسی های انجام گرفته توسط دال بک و همکاران ارتباط مستقیمی بین ارتفاع یک منطقه و شدت تابش اشعه ماوراء

بنفش وجود دارد. بنابراین سطوح سنگی کـه در ارتفاعـات قـرار دارند، هـم بـه دلیـل شـرایط آب و هـوایی و هـم تـابش بـالای تشعشعات ماوراء بنفش محیط مناسبی برای رشـد گلسـنگ هـا نمی باشد(۱۵). اما در صخره های منطقه کندوان به علـت عـدم وجود اختلاف ارتفاع خیلی زیاد، و دخالت عوامل دیگر محیطـی این پدیده مشاهده نمی گردد. بنابراین نقـش عوامـل دیگـر، در پراکنش و تنوع گلسنگی در صخره هـای کنـدوان برجسـته تـر است. بطوریکه حتی در نـوک صـخره‌ها(منطقه D)، در صـورت عدم وجود شیب بسیار تند و نوک تیز، میـزان پـراکنش قابـل-توجهی مشاهده می‌شود. اما بر اساس بررسی‌ها، تعداد گلسـنگ هایی که در شیب های ملایم وجود دارند از لحاظ تعداد وتنـوع خیلی بیش تر می‌باشند. در صخره‌هایی کـه نزدیـک بـه سـطح زمین شیب تند دارند گلسـنگ بـه مقـدار خیلـی کـم مشـاهده می‌گردند. که بخشی به علت ریزش و عدم جـذب آب کـافی در شیب تند، و بخشی تحت تاثیر سایر عوامل است. بنابراین، شیب نیز فاکتور مهمی در تشکیل بیوفیلم بوده است.

با توجه به فعالیت های کشـاورزی و دامـی در کنـدوان ومهیـا-بودن تامین منابع غذایی بـرای گلسـنگ هـا بررسـی دقیـق تـر میزان تاثیراین فعالیت ها بـر جوامـع گلسـنگی ضـروری اسـت. سنویرتنه[1] و همکاران در سـال ۲۰۰۶ تثبیـت نیتـروژن توسـط گلسـنگ‌ها را بررسـی نمودنـد و دریافتنـد تثبیـت نیتـروژن در گلسنگ‌ها برای پیشرفت هوازدگی صخره‌ها مهـم اسـت. معلـوم شده که سیانو باکتریها در گلسنگ ها، نیتروژن را برای بدسـت آوردن مواد غذایی تثبیت می‌کنند (۱۴).

جنبه دیگر پتانسیل تخریب زیستی گلسنگ هـای موجـود روی صخره ها است. با توجه به وجود جوامع گلسنگی اپـی لیتیـک و انـدو لیتیـک در سـطوح سـنگ هـای کنـدوان و اثبـات نقـش حفاظتی و یا تخریبی برخی گلسنگ هـا و اهمیـت پـایش آنهـا بررسی آنها ضرورت دارد(۱۶و۱۷). حضور یک پوشش گلسـنگی اپیلیتیک[2] در سطوح صخره های کنـدوان مـی توانـد شـواهدی برای مکانیسم حفاظتی بیولوژیکی آن ها در مقابـل تـاثیر بـاران های طولانی ارائه دهند. از طرفی گلسنگ‌ها رطوبت را در سطح سنگ حفظ می‌کنند که باعث کاهش استرس حرارتی می‌شود. گارسیا و همکاران در سال ۲۰۰۳ روی گلسنگ‌های مقبره‌هـای روستای صخره ای کاپادوکیای ترکیه نقش فعل وانفعـالات بـین رطوبت، دماهای سطح صخره و پوشش گلسـنگی اپـی لتیـک را در محافظـت بیولـوژیکی از سـنگ‌های آهکـی سـاختمان هـا ومحیط مورد بررسی قرار دادند و هم چنین بـه بررسـی ارتبـاط بین رطوبت، گلسنگ‌های اپـی لیتیـک، دمـای سـطح صـخره و هوازدگی پرداختند. آنالیزها نشان دادند که مکانیسم اصلی هـوا زدگـی می‌توانـد بوسـیله هیدرولیزبعضـی موادمعـدنی تشـکیل دهنده سنگ‌ها توسط گلسـنگ‌ها ایجـاد گـردد از طـرف دیگـر گلسنگ‌های سطح سنگ‌ها آب داخل سنگ‌ها را کـاهش داده و در نتیجه این عمل به نوعی از تجزیـه و زوال فیزیکـی سـنگ‌ها جلوگیری می‌کند (۵). چن[3] و همکـارانش در سـال ۲۰۰۰ روی فرسایش القایی سنگ‌ها بوسیله کلونیزاسیون گلسنگ‌ها مطالعه نمودند. توانایی گلسنگ‌ها برای هوا زدگی این است که در طول رشد، اسیدهای آلی ترشح می‌کننـد. بعضـی از گلسـنگ هـای-پوسته ای، اسید اگزالیک و همچنین یک نوع از اسیدهای فنلـی ضعیف را (که بنام اسیدهای گلسـنگی شـناخته شـده انـد) بـه میزان فراوان ترشح می‌کنند که می‌تواننـد بـا مـواد معـدنی بـه منظور تشکیل کمپلکس های فلزی واکنش دهنـد. اثـرات هـوا-زدگی مشاهده شده بوسـیله حلالیـت مـواد معـدنی تشـکیل - دهنده سنگ‌ها توسط اسید، تبـدیل برخـی از مـواد معـدنی بـه بقایای سیلیسی، رسوب ضعیف مواد حاوی آلومینیوم و آهن زیر سطح سنگ وگلسنگ و ایجاد نمک های آلی بلوری منظم روی بدنه گلسنگ ایجاد می شود(۱۹).

ورژوس[4] و همکاران در سال ۲۰۱۳ در کویر بیش از حد خشـک آتاکاما در شیلی، که خشک ترین ومهم ترین محدوده زندگی بر روی زمـین می‌باشـد، نشـان دادنـد کـه سـنگ ایگنمبریـت-ریولیتیک[5] که به طور ضعیف بهم جوش خورده اسـت بـه طـور

1-Seneviratne
2- Epilithic
3-Chen
4-Wierzchos
5-Rhiolethic

فراوان توسط سیانو باکتری‌های ایندو لتیک وباکتری های-هتروتروف کلونیزه شده است. آنها پیشنهاد دادند که فضای-متخلخل داخلی ایگنمبریت باعث حفاظت ارگانیسم ها از آسیب تابش اشعه uv درسطوحی می گردد که بیش از حد در معرض نور مرئی هستند. تخلخل سنگ هنگام بارندگی کم، حتی زمانی که محیط اطراف آنها بسیار خشک است، باعث حفاظت سلول ها می گردد. این اولین مثال شناخته شده از یک جامعه میکروبی ایندولیتیک کلونیزه کننده سنگ ایگنمبریت در یک محیط شدیدا خشک است (۸). در کندوان نیز به واسطه وجود سنگ بستر مشابه شرایط برای تشکیل کلونیزه شدن جامعه میکروبی ایندولیتیک مهیاست. فضای متخلخل داخلی ایگنمبریت کندوان باعث بقا گلسنگها در سمت نورگیرو محافظت از نور نیز شده است. علاوه بر آنکه میزان بارش و وجود رطوبت، منابع نیتروژن و املاح معدنی به وفور شرایط تسهیل شده تری را برای رشد و فعالیت آنها فراهم نموده است. از طرف دیگرمطالعات متعدد ارتباط نقش آلودگی هوا را در پراکنش و تنوع گلسنگها اثبات کرده اند(۱۸و ۴). امروزه اتفاق نظر وجود دارد که با افزایش آلودگی هوا تنوع- زیستی و پراکنش گلسنگ های درختزی کاهش می یابد. اما ترافیک روستا نتوانسته بر جمعیت گلسنگی انواع موجود بر صخره ها اثر حذف کننده داشته باشد.

بر اساس شرایط اکولوژیکی حاکم بر روستای کندوان گونه های مختلف گلسنگ به صورت بیوفیلم گلسنگی سطوح سنگی به عنوان زیستگاه انتخاب نموده اند که ضمن تغییر رنگ برخی پتانسیل تخریب یا محافظت زیستی صخره ها دارند. بیرامی و همکاران در سال ۹۲ و تقریبا همزمان با این تحقیق با بررسی سطوح سنگی کندوان این گونه نتیجه گرفتند که گُلسنگها تا عمق ۵ میلیمتر سنگ ها نفوذ کرده، به صورت یک پوشش متراکم با جذب آب از روی سطوح سنگ مانع نفوذ آب به عمق و انحلال و تخریب بیشتر آن شده است(۲). اما در حالت کلی متناسب انواع میکروارگانیسم های موجود در بیوفیلم گلسنگی، از جمله گونه گلسنگ، کنش و واکنش اکولوژیک هر نوع گلسنگ با بستر ایگنمبریت و مجموعه شرایط محیطی، نقش محافظت یا تخریب بیوفیلم متفاوت است(۱۵). و طی زمان و اقدامات زمینه ساز مجموعه فرآیند فعالیت اکولوژیک، شرایط میکرومحیط هر یک ازانواع گلسنگ موجود در سطح می تواند متفاوت پیش رود. بنابراین اطلاق کلی نقش محافظتی به انواع گلسنگ موجود منطقی به نظر نمی رسد. چراکه نیازمند مطالعات تکمیلی هر یک ازانواع موجود است. ضمن آن که نقش تخریبی برخی از انواع موجود قبلا اثبات شده است.

بر اساس مطالعه انجام گرفته، عوامل محیطی و فعالیت های انسانی جهت رشد و توسعه فراوانی گلسنگ ها در این روستا مهیاست. و پوشش گلسنگی روح زندگی را در سطح صخره به نمایش می گذارند. که در این میان، جنس سنگ ها، شیب سنگها، میزان رطوبت و جهت وزش باد، از عوامل محیطی دخیل و موثر درمیزان پراکنش این گلسنگ ها می تواند باشد. علاوه بر این ها فعالیت های انسانی شامل فعالیت های کشاورزی و دامداری، ترافیک و توریسم ازجمله عوامل تاثیر گذار و مساعد کننده توسعه گلسنگ ها بودند. که تعیین کمیت آن نیازمند مطالعات تکمیلی است.

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق با توجه به امکان برخی اصلاحات می‌توان پیشنهادات زیر را ارائه داد:

- جلوگیری از آلودگی های ناشی از تردد فعالیت های انسانی از جمله گردشگران.
- تغییر محل نگهداری دام و طیور از محل خانه های سنگی این روستا.
-عدم ذبح این حیوانات در کنار صخره‌ها وجاری کردن محتویات دستگاه گوارشی آنها بر روی سطح خاک کنار خانه‌های صخره ای که باعث جاری شدن آنها به کلیه سطوح طبقاتی روستا می گردد.
- پایش دوره ای انواع موجود در بیوفیلم گلسنگی به لحاظ جمعیت، تنوع و تخریب زیستی

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکترمحمد سهرابی همچنین سرکار خانم سودابه کریمی به خاطر همکاری در این تحقیق سپاسگزاری می گردد.

منابع

۱- قنبری، ابوالفضل.، حجازی، میراسداله.، قنبری، محمد. ارزیابی توانمندی زمین گردشگری مکان های ژئومورفولوژیکی موجود در روستای کندوان، مسکن و محیط روستا، ۱۳۹۲، شماره ۱۴۱، ۱۰۹-۱۱۹.

۲- امینی بیرامی، فریده.، اصغری کلجاهی، ابرهیم. بررسی نقش گُلسنگ ها در هوازدگی زیستی سنگ های مخروطی شکل روستای کندوان، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۱۳۹۳ ، شماره ۴ :۱۱۷-۱۲۹.

3- Ferris, F., Lowson, E., Ultrastructure and geochemistry of endolithic microorganisms in limestone of the Niagara Escarpment. Canadian journal of microbiology. 1997.(3): 211-219.

4- Pinho, P., Augusto, S., Branquinho, C., Bio, A., Pereira, M.J., Soares, A. and Catarino, F. Mapping lichen diversity as a first step for air quality assessment. Journal of Atmospheric Chemistry. 2004. (1); 377-389.

5- Garcia, V. M., Topal, T., Vendrell, S. M., Lichenic growth as a factor in the physical deterioration or protection of Cappadocian monuments. Environmental geology. 2003. 43: 776-781.

6- Gorbushina, A. A., Life on the rocks. Environmental microbiology. 2007. (7): 1613-1631.

7- Armstrong, R., Bradwell, T., Growth of crustose lichens: A Rview. Geografiska Annaler Series A, Physical Geograph. 2010. (1): 3-17.

8- Wierzchos, J., Davila, A. F., Artieda, O., Cámara, G, B,, De los Rios, A., Nealson, K. H. Valea, S., Teresa, G. M., Ascaso C. Ignimbrite as a substrate for endolithic life in the hyper-arid Atacama Desert. Implications for the search for life on Mars. Icarus. 2013. 224: 334-346.

9- Brodo, I. M., Sharnoff, S. D., Shamoff, S., Lichens of North America. 1rd ed, New Haven: Yale University Press. 2001.

10- Seaward, M. R. D., Sipman, H. J. M., Schultz, M., Maassoumi, A. A., Haji Moniri Anbaran, M., Sohrabi, M., A preliminary lichen checklist for Iran. Willdenowia. 2004. 34: 543-576.

11- Seaward, M. R. D., Sipman, H. J. M., Sohrabi, M., A revised checklist of lichenized, lichenicolous and allied fungi for Iran, see information in://www.zobodat.at/pdf/Sauteria_15_0459-0520.pdf

۱۲- مقیمی اسکوئی , حمید رضا.، موسی زاده، اسفندیار. اسکو از ساحل دریاچه ارومیه تا قله سهند با تاکید بر جاذبه های توریستی کندوان، شهرداری اسکو، ۱۳۸۵.

13- http://www.irimo.ir/far/services/climate/793

14- Seneviratne, G., Indrasena, I., Nitrogen fixation in lichens is important for improved rock weathering. Journal of Biosciences. 2006. (5); 639-643.

15- Dahlback, A., Gelsor, N., Stamnes, J., Gjessing, Y. UV measurements in the 3000-5000 m altitude region in Tibet. J Geophys Res. 2007.112:1029-34.

16- Mottershead, D., Lucas, G., The role of lichens in inhibiting erosion of a

soluble rock. The Lichenologist. 2000. 32(6): 601-609.

17- Griffin, P. S., Indictor, N., Koestler, R, J., The biodeterioration of stone. A review of deterioration mechanisms conservation case histories and treatment. International Biodeterioration. 1991. 28(1-4):187-207.

18- Loppi, S., Frati, L., Lichen diversity and lichen transplants as monitors of air pollution in a rural area of central Italy. Environmental Monitoring and Assessment. 2006. 114(1); 361-375.

19- Chen, J., Blume, H. P., Beyer, L., Weathering of rocks induced by lichen colonization. A Review Catena. 2000. 39(2): 121-146.