علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره هفدهم، شماره سه، پاییز ۹۴

بررسی تغییرات بیواندیکاتور گل سنگ *lecanora muralis* در مواجهه با غلظت‌های مختلف آلاینده دی‌اکسیدگوگرد

محمدرضا خانی [۱]

محمدصادق سخاوتجو [۲]

نعمت‌الله خراسانی [۳]

گلاله شهاب‌پور [۴]

Shahabpour_golaheh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۱۹ **تاریخ پذیرش:۸۹/۴/۲۹**

چکیده

زمینه و هدف: دی‌اکسیدگوگرد به عنوان یکی از آلاینده‌های مهم بر روی گیاهان، جانوران و اشیاء اثرات غیر قابل جبرانی را بر جای می‌گذارد، لذا پایش و کنترل آن از اهمیت زیادی برخوردار است. شاخص‌های بیولوژیکی به عنوان شناساگرهای آلاینده‌های هوا در محیط‌های شهری و صنعتی می‌توانند در جهت کنترل آلودگی هوا، هدایت‌کننده‌های مناسبی باشند. گل سنگ‌ها از جمله شاخص‌های بیولوژیکی هستند که در این رابطه به کار برده می‌شوند. لذا بررسی کارآیی و تاثیرپذیری پایش زیستی دی‌اکسیدگوگرد با استفاده از گل سنگ lecanora muralis ، مدنظر قرار گرفت.

روش کار: در این تحقیق گل سنگ موردنظر درون کیسه‌های مخصوص، در تماس با گاز دی‌اکسیدگوگرد در غلظت‌های۴۰،۱۰۰ و ppb۲۰۰ به مدت سه ساعت قرار داده شدند. سپس میزان تخریب کلروفیل a و b، a + b و نسبت OD۴۳۵/OD۴۱۵ از طریق غوطه‌ور ساختن ۲۰ میلی‌گرم از وزن خالص گل سنگ در ۱۰ میلی‌لیتر محلول DMSO اندازه‌گیری شد.

یافته ها: براین اساس، میانگین تخریب کلروفیل a و b در نمونه‌های درمعرض تماس با SO_2 نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۷۷/۳٪ و ۹۴/۱٪ بود و در تمامی موارد تخریب کلروفیل a و b، a + b ، رابطه مستقیم بین میزان تخریب و غلظت آلاینده وجود داشت.

نتیجه گیری: بنابراین با استفاده از حساسیت بالای گل سنگ‌ها به جذب گاز SO_2 می‌توان وجود یا عدم وجود آلاینده‌ی دی‌اکسیدگوگرد و مقدار آن را در هوا پایش نمود و این پایش به عنوان راهکاری موثر امکان‌پذیر و قابل کاربرد است.

۱- استادیار, گروه بهداشت محیط. واحد علوم پزشکی تهران. دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. ایران.

۲- استادیار, عضو هیات عملی گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان

۳- استاد, عضو هیات علمی دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۴- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آلودگی هوا. واحد علوم پزشکی تهران. دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. ایران*(مسوول مکاتبات).

واژه های کلیدی: شاخص زیستی(Bioindicator)، گل سنگ (Lichen)، دی‌اکسیدگوگرد، پایش آلودگی هوا.

مقدمه

شاخص‌های زیستی از جمله ابزار مهمی هستند که می‌توان به کمک آن ها آلودگی هوا را پایش نمود. گل سنگ‌ها یکی از بیواندیکاتورهایی هستند که به دلیل جذب سریع و بالای آلاینده‌های موجود در اتمسفر نظیر SO_2، دارای اهمیّت ویژه‌ای در پایش آلودگی هوا می‌باشند. امکان پایش دی‌اکسیدگوگرد، دی اکسید نیتروژن، ازن، دود، ذرات، فلوراید، هیدروکربن‌ها، فلزات سنگین، رادیونوکلوییدها و یا سموم شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی با استفاده از گل سنگ‌ها مورد بررسی قرار گرفته است(۱).

پایش آلودگی هوا با استفاده از شاخص‌های زیستی به عنوان راهکاری موثر و اقتصادی از طریق سنجش مستقیم هوای آزاد پا به عرصه گذاشته که خصوصا برای پایش مناطق وسیع به کار برده می‌شود (۲). پالاینده‌های زیستی مزایای بیشتری نسبت به سیستم‌های پایشی مرسوم(آزمایشگاهی، شیمیایی و دستگاهی) دارند. آنها مکمل‌هایی هستند که اثرات بیولوژیکی حاصل از غلظت آلاینده‌ها را نشان داده و عموما سیستم‌هایی ارزان قیمت با هزینه نگهداری پایین، قابل کاربرد در مناطق شهری و روستایی و در حیطه جغرافیایی وسیع می‌باشند. شاید بتوان گفت آن ها راحت‌ترین سیستم‌های هشدار دهنده موجود هستند(۳). به عبارت دیگر حساسیت گل سنگ‌ها به آلاینده‌ها می‌تواند مفید باشد و با استفاده از این حساسیت می‌توان از آن ها به عنوان پالاینده‌های زیستی در مطالعات مربوط به کنترل آلودگی هوا استفاده کرد(۴).

دی‌اکسیدگوگرد یکی از آلاینده‌های اولیه بوده که برای انسان و محیط مضر است (۵). SO_2 دارای اثرات وسیع بهداشتی و زیست محیطی خصوصا برای افراد مبتلا به آسم، کودکان، افراد مسن و مبتلا به بیماری‌های قلبی و ریوی است. تماس طولانی مدت با سطوح بالای گاز SO_2 و ذرات همراه آن منجر به بروز بیماری‌های تنفسی و وخامت بیماری‌های قلبی می‌شود. ذرات سولفات درصورت تجمع در ریه باعث تنگی نفس و مرگ نا به هنگام می‌گردد. ذرات سولفات عامل اصلی کاهش دید و تشکیل باران اسیدی می‌باشند (۶).

توانایی گل سنگ‌ها در جذب و تجمع گوگرد منتشره از منابع اکسیدهای گوگردی و حساسیت آن ها به گاز SO_2 شناخته شده است. دی‌اکسیدگوگرد عامل اولیه در مرگ گل سنگ‌ها در اکثر مناطق شهری و صنعتی بوده که اولین نشانه آسیب‌دیدگی ناشی از آلودگی هوا با دی‌اکسیدگوگرد، توقف تثبیت نیتروژن، افزایش نشت الکترولیت‌ها، کاهش فتوسنتز و تنفس و در پی آن رنگ‌رفتگی[۱] و مرگ جلبک می‌باشد. اثرات کلی آلودگی هوا بر روی گل سنگ‌ها عبارتند از کاهش اندازه گیاه و میزان باروری، سفید شدن و پیچ‌خوردگی، محدود شدن گونه‌ها در بین سایر گیاهان و مرگ گونه‌های حساس. اکثر گونه‌های مقاوم در مناطقی با غلظت‌های بالاتر این آلاینده‌ها دوام می‌آورند، بااین‌حال ممکن است تغییرات ظاهری یا داخلی نیز در مرفولوژی آن ها دیده شود (۷ و ۸).

از طرف دیگر، اثرات مستقیم سمیت دی‌اکسیدگوگرد در غلظت‌هایی کمتر از آن چه باعث ایجاد آسیب در گیاهان آوندی می‌شود، در گل سنگ‌ها آشکار می‌گردد درنتیجه گل سنگ‌ها اغلب نشان‌دهنده‌ی سطح بحرانی دی‌اکسیدگوگرد موجود در محیط‌های طبیعی می‌باشند (۹)، ازاین‌رو گل سنگ‌ها به دلیل حساسیت زیاد به SO_2 جهت پایش زیستی آلاینده‌ها به کار برده می‌شوند. طبق مطالعات انجام شده، در غلظت‌های بالای SO_2 در اتمسفر، در گونه‌های خاص، حتی تبادل گازی CO_2 و تثبیت نیتروژن کاهش و تخریب کلروفیل افزایش می‌یابد(۵).

برای نخستین بار، گل سنگ‌شناس فنلاندی بنام ویلیام نایلندر[۲] مشاهده نمود برخی گونه‌های درحال رشد گل سنگ موجود در پارک لوکزامبورگ[۳] در فرانسه، در سایر قسمت‌های شهر وجود

---

۱ -Discoloration

۱ - William Nylander

۲ - Jardin du Luxembourg

ندارند و آلوده نبودن هوا در پارک مذکور را علت اصلی رشد گل سنگ‌ها در این مناطق دانست (۱۰). از دهه ۱۹۶۰ به بعد، مطالعاتی در مقیاس بزرگتر پیرامون ارزیابی کیفیت هوا با استفاده از گل سنگ در پارک‌های ملی، جنگل‌ها و مناطق حفاظت‌شده‌ی آمریکا در اورگان، واشنگتن و نیز در پرتغال، هلند، سوئد و ایتالیا انجام شده‌است(۴و۱۱).

مطالعات متعددی به ترسیم نقشه‌ی وجود گونه‌ها یا توده‌های گل سنگ در مناطق مختلف پرداخته‌اند. مطالعات تدخینی کنترل‌شده در آزمایشگاه نیز حساسیت‌های مختلف را نشان داده‌اند. هم چنین از طریق SO_2 جذب‌شده در سلول‌ها می‌توان میزان حساسیت گل سنگ‌ها را نیز تعیین نمود. کلروپلاست‌ها قسمت‌هایی هستند که اثرات سمی و غیرسمی SO_2 بر آن ها اثرگذار می‌باشد. سولفیت که یکی از محصولات ناشی از انحلال SO_2 است، یا به سولفات، اکسید شده و یا با احیایِ خود باعث تشکیل سیستئین می‌گردد که دراین شرایط H_2S منتشر می‌شود. انتشار سولفید هیدروژن جهت واکنش با گوگرد مازاد در گیاهان آوندی کاملا اثبات شده‌است (۵).

Cislaghi & Nimis (۱۹۹۷) وجود ارتباط قوی بین سرطان ریه و تنوع زیستی گل سنگ‌ها را در اثر آلودگی اتمسفری گزارش کرده‌اند(۱۰).

طبق نظر Fields & Clair (۱۹۸۴) تماس آزمایشگاهی با SO_2، سبب ایجاد آسیب‌های غشایی در سلول‌های گل سنگ می‌شود و ارتباط معنی‌داری بین مقدار گوگرد در گل سنگ و SO_2 موجود در اتمسفر وجود دارد (۱۰) و از طرف دیگر انتقال کربوهیدرات اغلب طی تماس کوتاه مدت با SO_2، کاهش می‌یابد (۱۲).

یکی از اثرات اولیه جذب SO_2، ***اسیدزایی***[1]* سلولی است. دراین رابطه Miszalski و Niewiadomska (۱۹۹۳) نشان دادند که گونه‌های مقاوم به SO_2 اکسیدکننده‌تر از گونه‌های غیرمقاوم هستند چون اسیدزایی نتیجه واکنش‌های آنزیمی است که فعالیت آن ها به pH وابسته می باشد (۱۲).

به طورکلی هدف مطالعات تدخینی، برقراری ارتباط کمی بین غلظت آلاینده‌های مختلف هوا و واکنش‌های تشریحی و فیزیولوژیکی گل سنگ‌ها می‌باشد تا بر مبنای آن‌ها امکان دستیابی به روش‌های قابل اطمینان و موثر در پایش زیستی آلاینده‌ها میسر گردد. ازاین‌رو، در این تحقیق از گل سنگ *lecanora muralis* جهت بررسی و پایش SO_2 در هوای محیط استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق گل سنگ گونه *lecanora muralis* که گونه‌ای مقاوم به دی‌اکسیدگوگرد می‌باشد، جهت مواجهه با آلاینده SO_2 و بررسی اثرات وارده بر آن انتخاب گردید. جهت انجام تحقیق از نمونه‌های شاهد و نمونه‌های درمعرض تماس با دی‌اکسیدگوگرد در غلظت‌های۴۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppb بر اساس حداقل و حداکثر غلظت و میانگین سالیانه آن در هوای شهر تهران استفاده شد. (استاندارد روزانه و سالیانه EPA برای دی اکسیدگوگرد به ترتیب ۱۴ppb و ۳۰ppb تعیین شده است)(۱۰). جهت بالا بردن دقت آزمایشات، در هر غلظت پنج نمونه جهت تزریق آماده گردید و میزان کلروفیل براساس میانگین جذب دی‌اکسیدگوگرد در هر طول موج محاسبه شد.

به این منظور ابتدا نمونه شاهد به آزمایشگاه منتقل و جهت احیای فعالیت فتوسنتزی، با آب دوبار تقطیریافته، شسته شد و ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفت تا خشک شود. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر Perkin-Elmer Junior ۳۵ Model میزان کلروفیل آن قرائت شد. به این منظور ۲۰ میلی‌گرم از وزن خالص گل سنگ مستقیما در۱۰ میلی‌لیتر محلول دی‌متیل سولفوکساید (DMSO [2]) عصاره‌گیری شد. کدورت عصاره استخراج شده در طول موج۷۵۰ نانومتر چک شده تا از پایین بودن آن از حد ۰/۰۱ اطمینان حاصل شود. سپس میزان جذب عصاره در طول موج های ۶۵۵، ۶۴۸، ۴۳۵

۱- Acidification

۲- Dimethyl sulfoxide: مزایای استفاده از دی‌متیل سولفوکساید به عنوان حلال جداکننده‌ی پیگمان‌های فتوسنتزکننده در گل سنگ عبارتند از استخراج ساده، سریع، کامل و امکان نگهداری نمونه استخراج شده در سرما، بدون تجزیه شدن آن.

و ۴۱۵ نانومتر قرائت شد. کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b و نسبت (OD۴۳۵/OD۴۱۵) با استفاده از روابط ضریب جذب مخصوص برای تعیین کلروفیل a و b خالص، محاسبه گردید. نسبت دانسیته‌ی نوری نمونه‌های کلروفیل که در طول موج های ۴۳۵و ۴۱۵ نانومترقرائت می‌شوند (OD۴۳۵/OD۴۱۵) یکی‌از رایج‌ترین پارامترهای مورد استفاده برای سنجش تخریب کلروفیل a می‌باشد.

در مرحله بعد، نمونه‌های مورد نظر را درکیسه‌های مخصوص قرار داده و گاز دی‌اکسیدگوگرد در غلظت‌های ۴۰ ، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppb با استفاده از دستگاه Enviro MGC به درون کیسه‌ها تزریق شد. هر یک از نمونه‌های گل سنگ، بعد از سه ساعت تماس به آزمایشگاه منتقل شده و مقدار کلروفیل آن ها مانند نمونه شاهد اندازه‌گیری شد. شکل‌های (۱) الی (۴) تصاویر گل سنگ مورد مطالعه را قبل از مواجهه با SO_2 نشان می‌دهد.

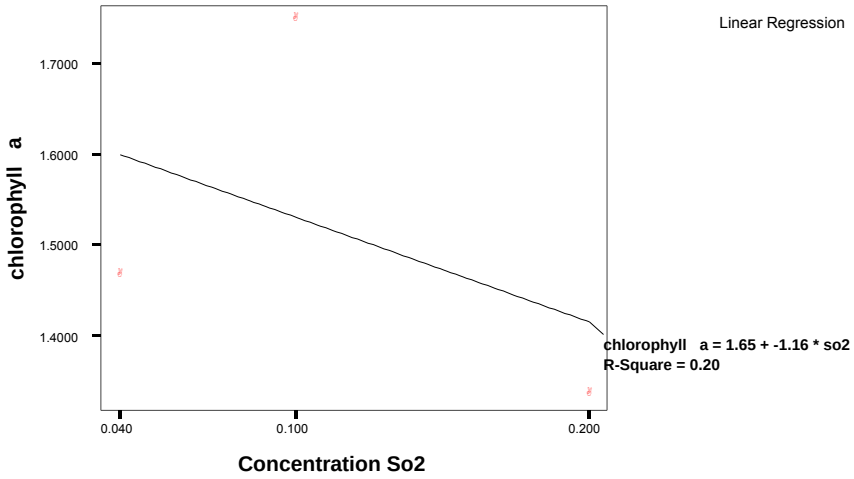
در نهایت با آنالیز آماری نتایج حاصل توسط نرم افزار SPSS و استفاده از آزمون T-test ارتباط بین داده‌های کمی حاصل از نظر معنی‌دار بودن مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها

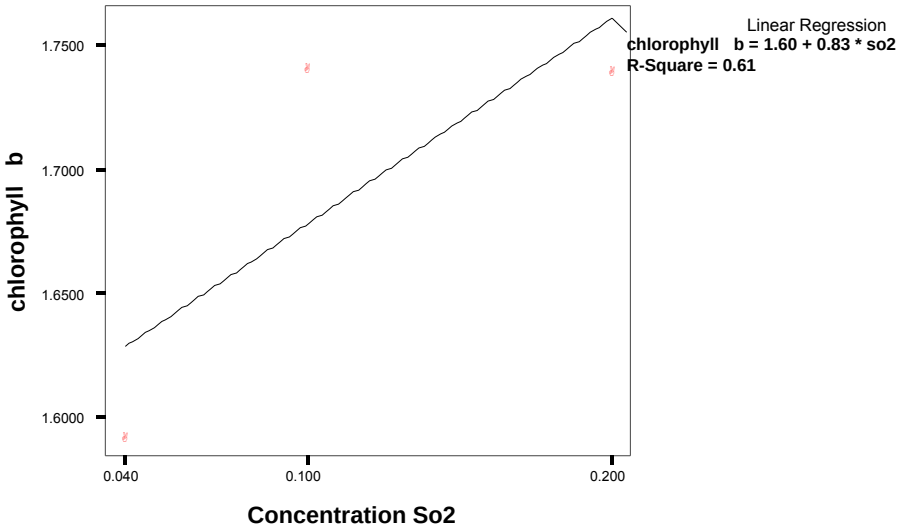
تغییرات و میزان تخریب کلروفیل گل سنگ به عنوان یک شاخص بیولوژیکی در مواجهه با غلظت‌های مختلف آلاینده دی اکسید گوگرد مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج اندازه‌گیری میزان تخریب کلروفیلa، b وa+b در نمونه‌های شاهد و اصلی طی پنج بار تکرار در غلظت‌های۴۰،۱۰۰و۲۰۰ ppb در جدول ۱ نشان داده شده‌است. شکل۲ نمودار میزان تخریب کلروفیل a در مواجهه با مقادیر مختلف SO_2 را نشان می‌دهد. شکل ۳ نمودار میزان تخریب کلروفیل b و شکل ۴ نمودار میزان تخریب کلروفیل a+b را در مواجهه با مقادیر مختلف SO_2 نشان می‌دهند. هم چنین شکل۵ مقایسه میزان تخریب کلروفیلa، b وa+b را با نسبت OD۴۳۵/OD۴۱۵ بیان می‌کند.

جدول ۱- میزان تخریب کلروفیل در غلظت‌های مختلف گاز دی اکسید گوگرد

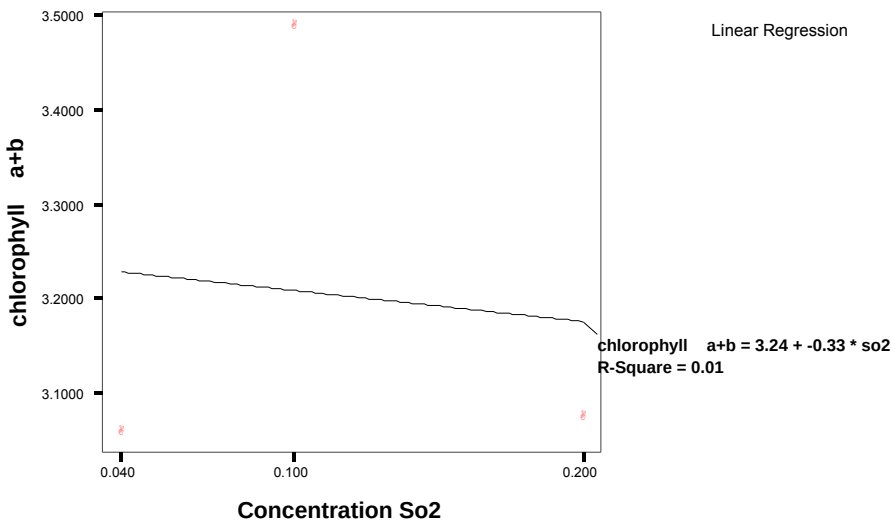
SO_2 = 200 ppb			SO_2 =100 ppb			SO_2 = 40 ppb			نمونه شاهد		
کلروفیل a+b	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل a+b	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل a+b	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل a+b	کلروفیل b	کلروفیل a
۳/۰۳۶۶۳	۱/۷۴۴۶۴	۱/۲۹۱۹۹	۳/۴۶۶۸۶	۱/۷۳۱۰۸	۱/۷۳۵۷۸	۳/۰۲۲۶۸	۱/۵۷۶۴۸	۱/۴۴۶۲	۰/۴۵۳۸	۰/۰۹۹۶۸	۰/۳۵۴۱۲



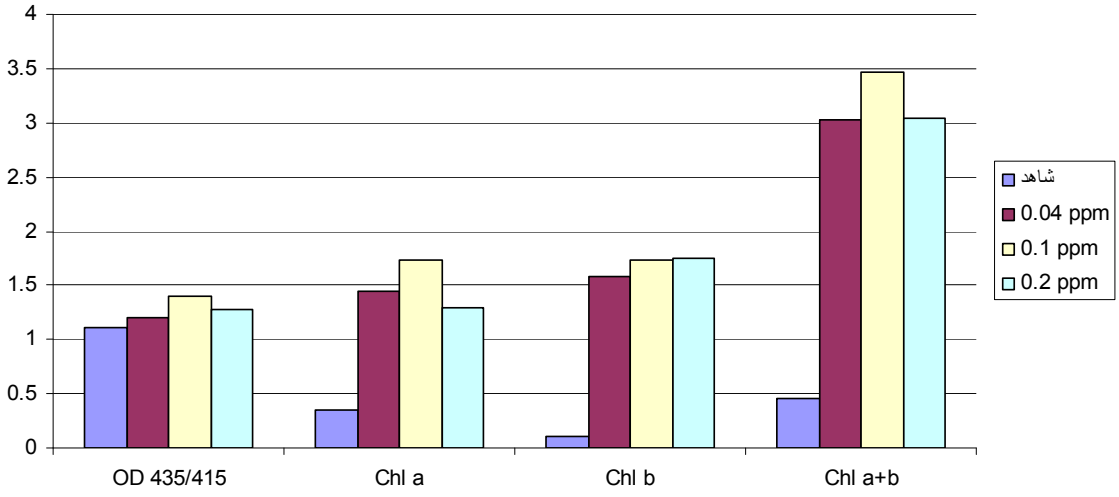
شکل ۲- ارتباط خطی بین غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدگوگرد و میزان تخریب کلروفیل a



شکل ۳- ارتباط خطی بین غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدگوگرد و میزان تخریب کلروفیل b



شکل ۴- ارتباط خطی بین غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدگوگرد و میزان تخریب کلروفیل a + b.



شکل ۵- مقایسه میزان تخریب کلروفیل a، b، a + b و نسبت OD ۴۳۵/۴۱۵ در نمونه شاهد و نمونه‌های در معرض تماس با غلظت‌های مختلف گاز دی‌اکسیدگوگرد.

بحث و نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های حاصل از شکل (۲)، در نمونه گل سنگ در معرض تماس با غلظت ppb ۱۰۰، میزان تخریب کلروفیل a به حداکثر رسیده درحالی‌که در نمونه در تماس با غلظت ppb ۴۰ میزان تخریب کلروفیل a کمتر بوده است و این میزان در نمونه در تماس قرار گرفته با غلظت ppb ۲۰۰ به حداقل خود رسیده است. این نشان می‌دهد ساختمان کلروفیل a در گل سنگ *lecanora muralis* نسبت به غلظت‌های بالای گاز دی‌اکسیدگوگرد از مقاومت بالاتری برخوردار می‌باشد. به بیان

دیگر و با توجه به رگرسیون رسم شده می‌توان چنین بیان کرد که با افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدگوگرد، میزان تخریب کلروفیل با توجه به افزایش مقاومت گونه *lecanora muralis* کاهش می‌یابد. بنـابراین با توجه به شکل (۲) این دو پارامتر در سطح معنی‌داری (P= ۰/۰۰۱) دارای همبستگی منفی (R^2 = ۰/۲) می‌باشند. در آزمایشات انجام شده توسط Gries و همکارانش (۱۹۹۶) بر روی میزان جذب دی‌اکسیدگوگرد در گل سنگ‌های غیرژلاتینی نیز با افزایش غلظت دی‌اکسیدگوگرد، میزان جذب با گذشت زمان کاهش یافت که در مطالعه حاضر نیز در رابطه با تخریب کلروفیل a این رویداد اتفاق افتاد.

در شکل (۳) تغییرات غلظت SO_2 با میزان تخریب کلروفیل b نشان داده شده است. بر اساس این نمودار، در غلظت ۴۰ ppb میزان تخریب کلروفیل b به حداقل و در غلظت ۲۰۰ ppb این میزان به حداکثر خود رسیده است. در نتیجه با توجه به ساختمان کلروفیل b، گونه گل سنگ *lecanora muralis* نسبت به غلظت‌های بالای گاز دی‌اکسیدگوگرد از مقاومت کمتری برخودار است و به این ترتیب با افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدگوگرد میزان تخریب کلروفیل b در این گونه گل سنگ افزایش می‌یابد. در نتیجه در سطح معنی‌داری (۰/۰۰۱ =P) همبستگی مثبت (R^2 =۰/۶۱) بین غلظت و تخریب کلروفیل b وجود دارد.

در شکل (۴) تغییرات غلظت SO_2 با میزان تخریب کلروفیل (a + b) نشـان داده شـده اسـت کـه دارای همبسـتگی منفـی (R^2 =۰/۰۱) و سـطح معنـی‌داری (P= ۰/۰۱) مـی‌باشـد و همان‌طور که در نمودار مشخص اسـت بـا افـزایش غلظـت گـاز دی‌اکسیدگوگرد، میزان تخریب کلروفیل به دلیل مقاومت گونـه *lecanora muralis* در برابر غلظـت‌هـای بـالای ایـن گـاز، کاهش می‌یابد.

در شکل (۵) میزان تخریب کلروفیل در نمونه‌های تماس داده شده با آلاینده SO_2 ، با نمونه شاهد مقایسه شده و نشان می‌دهد که میزان تخریب کلروفیل (a ، b و a+b) و OD ۴۳۵/۴۱۵ با افزایش غلظت، در نمونه‌های در معرض تماس نسبت به نمونه شاهـد افزایش یافته است. نسبت OD ۴۳۵/۴۱۵ برای نمونه شاهد تقریبا برابر ۱/۱۱۰و برای نمونه‌های مورد در غلظت‌های۴۰، ۱۰۰ و۲۰۰ ppb به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۴۵ و ۱/۳۵ می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی افزایش میزان تخریب کلروفیل در نمونه‌های در معرض نسبت به شاهد می‌باشد. طبق نتایج حاصل، بیشترین تخریب کلروفیل در غلظت ppb ۱۰۰ دی‌اکسیدگوگرد بوده است. بنابراین می‌توان گفت که گاز SO_2 نقش تخریبی بر روی کلروفیل‌های گل سنگ دارد و مقایسه تخریب انواع کلروفیل با این نسبت، صحت آن را تایید می‌کند.

نتایج حاصل از ارتباط غلظت دی‌اکسیدگوگرد بـا میـزان جـذب آن توسط کلروفیل تا حدودی با نتایج حاصل از مطالعات دوز – واکنش Snaz و همکـارانش (۱۹۹۲) مطابقـت دارد. آن هـا در مطالعات خود نشان دادند کـه در گـل سـنگ‌هـای مرطـوب در مدت زمان معین، میـزان جـذب SO_2 بـا غلظـت آن مسـتقیما تغییر می‌کند. به عـلاوه، چنـان چـه گـل سـنگ‌هـا در شـرایط آزمایشگاهی طی تدخین با SO_2 به طور نسبتا سـریعی خشـک شوند، در این صورت تمام واکنش‌هـای ایجـاد شـده مربـوط بـه غلظت بوده و مستقل از مدت زمان تدخین می‌باشند. حال اگـر مقدار آب موجود در گل سنگ در سطح ثابتی نگه داشته شـود، هم مدت زمان تماس و هم غلظت SO_2 در ایجاد واکنش نقـش دارند (۱۲).

از طرف دیگر، در این تحقیق نیز آسیب‌های ایجاد شده در کلروفیل می‌تواند نشان‌دهنده وجود آب در گل سنگ باشد چون درگذشته تصور می‌شد که تنها گل سنگ‌های مرطوب به SO_2 حساس می‌باشند. در این رابطه Coxson (۱۹۸۸) نیز به طور تجربی نشان داد که در گل سنگ‌های خشک مورد تدخین قرار گرفته نیز آسیب‌دیدگی‌هایی به وجود می‌آید که می‌تواند بیان گر این امر باشد که در گل سنگ‌های خشک نیز مقداری آب وجود دارد و درنتیجه جذب SO_2 تحت چنین شرایطی نیز رخ می‌دهد (۱۲).

به عبارت دیگر می‌توان گفت چنان چه غلظت گاز SO_2 حتی در حد استانداردهای تعیین شده در هوای آزاد باشد، از طریق

این گل سنگ قابل تشخیص می‌باشد و این نکته ارزشمند بودن این نوع پایش زیستی را بیشتر نمایان می‌کند.

بنابراین نتایج این تحقیق نشان داد که گاز آلاینده دی‌اکسیدگوگرد روی گل سنگ *lecanora muralis* اثر گذار بوده و کلروفیل‌های آن را تخریب می‌نماید. به عبارت دیگر اگرچه گل سنگ *lecanora muralis* گونه‌ای مقاوم به گاز دی‌اکسیدگوگرد می‌باشد، ولی نسبت به گونه‌های حساس کمتر مورد تخریب قرار می‌گیرد و به همین علت طی انجام آزمایش‌ها کلروفیل آن آسیب دیده و از بین رفت. مطالعات Conti و همکاران نیز نشان داد دو آلاینده مهم SO_2 و NO_2 قادر به نابودی گونه‌های حساس گل سنگ هستند و بین وجود توده‌های خاص گل سنگ در یک منطقه و میزان آلودگی هوا ارتباط مستقیمی وجود دارد (۱۰).

بدین ترتیب می‌توان براساس نمودارهای رگرسیون رسم شده برای غلظت آلاینده‌ی دی‌اکسیدگوگرد در هوای آزاد و میزان تخریب کلروفیل شاخصی را طبق شکل‌های (۲ تا ۴) ارایه داد. بر این اساس و با توجه به خطوط رگرسیون ترسیم شده با داشتن میزان غلظت آلاینده دی‌اکسیدگوگرد در یک منطقه در محدوده غلظت ۴۰ تا ۱۰۰ ppb می‌توان میزان تخریب کلروفیل (a، b و a + b) را تعیین نمود و یا بالعکس در صورت عدم آگاهی از غلظت آلاینده دی‌اکسیدگوگرد در منطقه موردنظر می‌توان با اندازه‌گیری میزان تخریب کلروفیل و با مراجعه به نمودارهای رگرسیون موجود، غلظت آلاینده دی‌اکسیدگوگرد را در منطقه به سهولت تعیین کرد.

با استفاده از مطالعات پایش بیولوژیکی و گل سنگ‌ها امکان تعیین کیفیت هوا و هرگونه اقدام بهسازی در مورد هوا با توجه به دانش موجود، وجود دارد. دانستن اثرات آلودگی هوا و تنظیم سطوح آلودگی بسیار حایز اهمیت می‌باشد (۱۳). ازاین‌رو، مطالعه گل سنگ‌ها به همراه اثرات آلاینده‌های هوا برروی آن ها برای جوامع بسیار با ارزش می‌باشد.

تشکر و قدردانی

برخود لازم می دانم از زحمات و همکاری جناب آقای محمد نجارها, کارشناس محترم آزمایشگاه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی و نیز جناب آقای مهندس رسول زاده که با راهنمایی های خود در تحقق این امر مهم مرا یاری نمودند، کمال تشکر را نمایم.

منابع

۱. Bačkor M & others. ۲۰۰۳. ***Monitoring of Air Pollution in Košice (Eastern Slovakia) Using Lichens***. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. ۱۲, No. ۲, ۱۴۱-۱۵۰.

۲. Chakrabortty S., et al. ۲۰۰۶. ***Biomonitoring of Trace Element Air Pollution Using Mosses.*** Aerosol and Air Quality Research, Vol.۶, No.۳, ۲۴۷-۲۵۸.

۳. Weinstein L.H & others. ۱۹۸۹. ***Biologic Markers of Air Pollution Stress and Damage in Forests***. The National Academies of science. ۱۹۵-۱۹۸.
Available at: http://www.nap.edu/openbook/۰۳۰۹۰۴۰۷۸۷/html/۱۹۷.html

۴. Lyman, J. ۲۰۰۱. ***Air Pollution, Lichen and Mosses***. LORE magazine.
Availabe at: http://www.mpm.edu

۵. Gries, C & others. ۱۹۹۶. ***The uptake of gaseous sulphur dioxide by non-glatinous lichens***. New phytol, ۱۳۵, ۵۹۵-۶۰۲.

۶. Environmental Protection Agency Report. ۲۰۰۸. ***Latest Finding on National Air Quality (status and trends through ۲۰۰۶)***. EPA-۴۵۴/R-۰۷-۰۰۷.

۷. United State Department of Agriculture. ۲۰۰۴. ***Manual for Monitoring Air Quality Using Lichens on National Forests of the Pacific Northwest***. R۶-NR-ARM-TP-۰۲-۰۴.

۸. Blett, Tamara & others. ۲۰۰۳. ***Air Pollution-Related Lichen Monitoring in National parks, Forests, and Refuges: Guidelines for Studies Intended for Regulatory and Management Purposes.*** U.S Department of Agriculture & U.S Department of Interior. Available at: http://www۲.nature.nps.gov/ard/pubs/ndex.htm http://www.fs.fed.us/r۶/aq/natarm/document.htm

۹. World Health Organization. ۲۰۰۰. ***Air Quality Guidelines, Chapter ۱۰ (Effects of Sulfur Dioxide On Vegetation: Critical Levels)***. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Danmark.

۱۰. Conti M.E, et al. ۲۰۰۱. ***Biological Monitoring: Lichens as Bioindicators of Air Pollution Assessment – a review.*** Environmental Pollution, ۱۱۴, ۴۷۱-۴۹۲.

۱۱. Froehlich, A. ۲۰۰۶. ***A look at Willamette Valley air quality using lichen communities as bioindicators.*** Portland State University, Research Based Learning.

۱۲. Nash, TN. ۱۹۹۶. ***Lichen Biology***. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

۱۳. Bennett, J.P. ۲۰۰۶. ***Lichens and Air Pollutin***. EnviroNews, Newsletter of ISEB India, Vol. ۱۲, No. ۴.

Survey of changes in lichen bioindicator, *Lecanora mularis*, in exposure to different concentrations of sulfur dioxide

Mohammad Reza Khani[۱]

Mohammad Sadegh Sekhavatjoo[۲]

Nematolah Khorasani[۳]

Golaleh Shahabpour[۴]

Abstract:

Background: Sulfur dioxide as one of the important gas pollutants, has an irreparable impact on plants, animals and objects; therefore this monitoring and control is important. Biological indicators as air pollutants indicators, are appropriate conductive in order to air pollution control in urban and industrial environments. Lichens are one of the bioindicators that are used in this case.

Material and methods: Therefore, survey of efficiency and effectiveness biomonitoring of SO_2 with use of lichen, Lecanora mularis, was considered. In this research, Lecanora was placed into the special bags and exposed with ۴۰, ۱۰۰ and ۲۰۰ ppb SO_2 for three hours. Then chlorophyll determination (chl a, chl b and chl a+b) and ratio of OD ۴۳۵/۴۱۵ was measured by extracting of ۲۰ mg net weight of lichen in ۱۰ ml DMSO.

۱- Assistant professor, department of environmental health, tehran medical sciences branch, islamic azad university, tehran, iran.

۲- Assistant professor, PhD of environmental engineering, department of environmental engineering (air pollution), science and research campus, islamic azad university, khoozestan, iran.

۳- Professor, PhD of forestry, faculty of environment and energy, science and research campus, islamic azad university, tehran, iran.

٤- MS.c of environmental engineering -air pollution, tehran medical sciences branch, islamic azad university, tehran, iran.

Results: Thus, the average of chlorophyll determination (chl a, chl b) in control and exposed samples to SO_2 was ۹۴,۱٪ and ۷۷,۳٪, respectively; and there was a direct relationship between determination and pollutant's concentration, in all cases.

Conclusion: So, in order to high sensivity of lichens to uptake the SO_2, monitoring and indicating the existence and absence of sulfur dioxide in air is possible, thus this monitoring is one of the most effective and applicable approach.

Keywords: bioindicator, lichen, sufur dioxide, air pollution monitoring.