

پایش زیستی آلاینده‌های هوا (ازن و دی‌اکسیدنیترژن) با استفاده از گل‌سنگ *Lecanora muralis*

محمد رضا خانی^۱، مهناز واعظی*^۲، الهام قنادی^۲ و اسد عبدی^۲
^۱استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی تهران، ایران
^۲کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۳۰، تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۴/۱۱)

چکیده

گل‌سنگ‌ها که نوعی پیکره گیاهی جلبک و قارچ هستند، قبل از دهه ۱۸۶۰ در اروپا به عنوان شاخص زیستی جهت تشخیص آلودگی هوا شناسایی شده‌اند. گل‌سنگ‌ها به آلاینده‌های هوا، به خصوص دی‌اکسیدنیترژن، ازن، فلئور و فلزهای سنگین حساسیت نشان داده، بنابراین به عنوان یکی از زیست‌نشانگرهای آلودگی هوا مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این پژوهش، بررسی تغییرات میزان کلروفیل گل‌سنگ *Lecanora muralis* به عنوان یکی از گل‌سنگ‌های فلور طبیعی ایران در تماس با غلظت‌های مختلف گازهای O_3 و NO_2 در پایش آلاینده‌های هوا مورد توجه بوده است. در مرحله اول انجام این تحقیق، گل‌سنگ *Lecanora muralis* درون کیسه‌های مخصوص و در تماس با گاز O_3 در غلظت‌های ۳۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppb و گاز NO_2 در غلظت‌های ۶۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppb قرار داده شده و به ترتیب بعد از یک و سه ساعت تماس به آزمایشگاه منتقل و کلروفیل آن‌ها (کلروفیل a ، b و $a + b$ و نسبت OD435/OD415) از طریق غوطه‌ور ساختن ۲۰ میلی‌گرم از وزن خالص گل‌سنگ در ۱۰ ml محلول DMSO استخراج گردید. در نمونه‌های در معرض تماس با O_3 تخریب کلروفیل b همبستگی مثبت ($P < 0.05$) نشان داد و تخریب کلروفیل در تماس با NO_2 دارای همبستگی منفی در سطح معنی‌داری ($P > 0.05$) مشاهده گردید. به عبارت دیگر گل‌سنگ *Lecanora muralis* به آلاینده ازن حساس بوده، در حالی‌که نسبت به آلاینده دی‌اکسیدنیترژن مقاوم می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان از گل‌سنگ *Lecanora muralis* به عنوان یک شاخص زیستی در پایش آلاینده‌های ازن و دی‌اکسیدنیترژن در هوای فضاهای شهری استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: شاخص زیستی، گل‌سنگ، کلروفیل، دی‌اکسیدنیترژن، ازن

مقدمه

رشد جمعیت انسانی و فناوری و استفاده از منابع طبیعی، چرخه عمده زیستی زمین را تغییر داده است و نیز گونه‌های بسیاری از جمعیت‌های ژنتیکی مجزا در بوم‌سازگان زمین نابود شده‌اند (Begum *et al.*, 2009). بسیاری از این تغییرات، قابل توجه هستند و به خوبی با تغییرات جهانی آب و هوا سنجیده می‌شوند. همچنین باعث زیان‌های غیر قابل برگشت به تنوع زیستی نیز می‌شوند (Begum & HariKrishna, 2010). انتشار آلاینده‌های هوا به طور عمده از منابع مربوط به پیدایش و تکامل انسان، به تنزل کیفیت هوا منجر شده است (et al., 2011). آلاینده‌های هوا را می‌توان با کمک روش‌های فیزیکی، شیمیایی و یا شاخص‌های زیستی اندازه‌گیری نمود. امروزه، نتایج پژوهش‌های انجام شده، هم در محیط آزمایشگاهی و هم در محیط طبیعی، اطلاعات زیادی را در زمینه‌ی توانایی شاخص‌های زیستی به عنوان به‌کارگیری آن‌ها به‌جای شاخص‌های کیفیت هوای محیط فراهم نموده است. پایش زیستی، اطلاعات مربوط به کیفیت محیط زیست و یا تغییرات آن را فراهم می‌کند، که به عنوان جایگزینی برای نظارت بر آلاینده‌های شیمیایی استفاده می‌شود.

بسیاری از گل‌سنگ‌ها به مدت طولانی، در هر شرایط محیطی، در هر فصلی و در هر محدوده وسیع جغرافیایی رشد نموده و امکان مطالعه سطوح مختلف آلاینده‌های هوا را فراهم می‌نمایند. شاخص زیستی بودن گل‌سنگ‌ها در پایش آلودگی هوا از دهه ۱۸۶۰ در بریتانیا و اروپا شناسایی شده است (Simonson Freitas *et al.*, 2011; 2007).

گل‌سنگ نوعی پیکره گیاهی بدون ریشه، برگ یا گل است. در واقع، گل‌سنگ مجموعه‌ای از جلبک و قارچ است که زندگی هر کدام وابسته به زندگی دیگری بوده و به‌صورت گسترده، جهت پایش آلاینده‌هایی نظیر SO_2 ، NO_2 ، O_3 و فلئوئور هوا استفاده می‌شوند (Tamara & Geiser, 2003). گل‌سنگ از جمله شاخص‌های بیولوژیکی

است که به دلیل جذب آلاینده‌های موجود در اتمسفر، دارای اهمیت ویژه‌ای در پایش میزان آلودگی هوا می‌باشد. امروزه امکان پایش دی‌اکسیدنیترژن، ازن، دی‌اکسیدگوگرد، دود و ذرات، فلوراید، هیدروکربن‌ها، فلزهای سنگین، رادیونوکلوئیدها و یا مواد شیمیایی کشاورزی با استفاده از گل‌سنگ‌ها توجه دانشمندان زیادی را به‌خود معطوف کرده است (Bačkor *et al.*, 2003). ذرات، مونوکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد، ازن و دی‌اکسیدنیترژن پنج آلاینده اصلی هوا هستند که در تعیین کیفیت هوا مورد توجه می‌باشند.

اثرات آلودگی هوا بر روی گل‌سنگ اولین بار بیش از ۱۰۰ سال پیش در پاریس توسط ویلیام نایلندر^۱ (۱۸۶۶) گل‌سنگ شناس فنلاندی مشاهده شد. او متوجه شد که برخی گونه‌های درحال رشد گل‌سنگ موجود در پارک لوکزامبورگ^۲ فرانسه، در سایر قسمت‌های شهر وجود ندارند، که آلوده نبودن هوا در پارک را علت اصلی رشد گل‌سنگ‌ها در این مناطق دانست. بررسی‌های بیشتر در رابطه با اثرات آلودگی هوا و گل‌سنگ در دهه ۱۹۶۰ در اروپا و آمریکای شمالی آغاز شد. از دهه ۱۹۶۰ به بعد، پژوهش‌هایی در مقیاس بزرگ‌تر و وسیع‌تر پیرامون ارزیابی کیفیت هوا با استفاده از گل‌سنگ در پارک‌های ملی، جنگل‌ها و مناطق حفاظت شده آمریکا در ایالات اورگان، واشنگتن و همچنین در پرتغال، هلند، سوئد و ایتالیا انجام شده است (Conti & Cecchetti, 2001; Palmer, 2005; Froehlich, 2006).

بررسی‌های متعددی به ترسیم نقشه‌ی وجود گونه‌ها یا توده‌های گل‌سنگ در مناطق مختلف پرداخته‌اند. مطالعه‌های تدخینی کنترل‌شده در آزمایشگاه نیز حساسیت‌های مختلف را نشان داده‌اند. کلروپلاست‌ها بخش‌هایی از گیاهان و گل‌سنگ‌ها هستند که اثرات سمی و غیرسمی NO_2 و O_3 بر آن‌ها اثرگذار می‌باشد (Gries *et*

¹ William Nylander

² Jardin du Luxembourg

مطالعه در نظارت پیوسته این امکان را به وجود می‌آورد که نتایج به دست آمده از بررسی‌ها چه در سطح ملی و در چه در سطح جهانی کاملاً قابل مقایسه با یکدیگر باشند (Talaei, 2001). همچنین Bates et al در انگلستان به روی سه گونه مختلف از گل‌سنگ جهت بررسی اثرات گازهای SO₂ و O₃ تحقیقی را انجام دادند. نتایج این تحقیق نشان داد در مورد گاز O₃ رابطه معناداری با تخریب کلروفیل گل‌سنگ مشاهده نشد (Bates, 2006). بررسی و کنکاش پیرامون ارتباط بین غلظت‌های مختلف آلاینده‌های ازن و دی‌اکسیدنیترژن، واکنش‌های تشریحی و فیزیولوژیکی و تخریب کلروفیل گل‌سنگ *Lecanora muralis* به عنوان شاخصی زیستی در پایش آلودگی هوا از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. از این رو، در این پژوهش از گل‌سنگ گونه *Lecanora muralis* استفاده شده تا کارایی آن در ارتباط با پایش آلاینده‌های ازن و دی‌اکسیدنیترژن مورد بررسی قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

مطالعه‌ی مورد - شاهده‌ی حاضر در سال ۱۳۸۸ انجام شد. در این مطالعه گل‌سنگ *Lecanora muralis* (که از ارتفاعات شمالی تهران در فصل بهار، برای مواجهه با آلاینده‌های ازن و دی‌اکسیدنیترژن انتخاب گردید. جهت انجام آزمایش‌ها نمونه شاهد و نمونه‌های در معرض تماس با دی‌اکسیدنیترژن و ازن مورد استفاده قرار گرفت. غلظت‌های تزریقی گاز ازن و دی‌اکسیدنیترژن بر اساس حداقل و حداکثر غلظت و میانگین سالیانه آن در هوای شهر تهران انتخاب گردید، به این منظور ابتدا نمونه شاهد به آزمایشگاه منتقل و با آب دوبار تقطیر یافته، جهت احیای فعالیت فتوسنتزی شسته شد و ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفت تا خشک شود. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر Perkin-Elmer Junior Model 35 (ساخت کشور ایتالیا)، میزان کلروفیل آن محاسبه شد. به این منظور ۲۰ میلی‌گرم از وزن خالص گل‌سنگ به

al., 1996). همچنین در خصوص مزایا و محدودیت‌های روش کاشت گیاه در مکانی دیگر و نیاز به استفاده از مطالعه‌های تدخینی دراز مدت با به‌کارگیری غلظت واقعی آلاینده‌ها نیز بررسی‌های مختلفی صورت گرفته‌است (Hutchinson, 1996; WHO Regional Office for Europe, 2000).

اثرات کلی آلودگی هوا بر روی گل‌سنگ‌ها 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 نوع مقاوم در مناطقی با غلظت‌های بالاتر این آلاینده‌ها نیز دوام می‌آورند، با این حال ممکن است تغییرهای ظاهری یا داخلی در مرفولوژی آن‌ها دیده شود (Blett, et al., 2003). قابلیت گل‌سنگ‌ها در تجمع عناصر شیمیایی مختلف منتقله از هوا مثل فلزهای سنگین از یک سو و وجود ارتباط قوی بین سرطان ریه و تنوع زیستی گل‌سنگ‌ها در اثر آلودگی اتمسفری از سویی دیگر در پژوهش‌های بسیاری مشاهده شده است (Garty et al., 2001; Conti & Cecchetti, 2001).

همان‌طور که اشاره شد گل‌سنگ‌ها به آلودگی هوا حساس بوده و طی گذشت یک قرن در بسیاری از مناطق شهری و صنعتی ناپدید شده‌اند. حساسیت آن‌ها به آلاینده‌ها می‌تواند مفید بوده و با استفاده از این ویژگی از آنها به‌عنوان نشانگرهای زیستی در بررسی‌های مربوط به کنترل آلودگی هوا استفاده کرد (Lyman, 2001). از طرفی مراکز شهری منبع سه آلاینده مهم SO₂، NO₂ و O₃ می‌باشند که قادر به نابودی گونه‌های حساس گل‌سنگ هستند. طبق پژوهش‌های انجام شده مشخص گردیده که بین توده‌های خاص گل‌سنگ در یک منطقه و میزان آلودگی هوا ارتباط مستقیمی وجود دارد (Conti & Cecchetti, 2001).

کاربرد گیاهان به‌عنوان شاخص‌های زنده تا زمانی‌که کنترل و نظارت پیوسته بر مبنای روش‌های استاندارد و همسانی صورت نگیرد، ارزش واقعی خود را کسب نخواهند کرد. همسان‌سازی شیوه‌ها و شرایط عملی

(در محدوده حداقل، حداکثر و بیشترین تکرار)، در شهر تهران بوده است.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، اطلاعات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و EXCEL تجزیه و تحلیل شدند و برای بررسی ارتباط بین متغیرها از آزمون t-test و برای بررسی چگونگی رابطه بین متغیرها از رگرسیون خطی (ضریب همبستگی) استفاده شد (ضریب معنی داری $P < 0.05$ بوده است)، و نتایج استخراج گردید.

نتایج

در این مطالعه در واقع تغییرها و میزان تخریب کلروفیل گل‌سنگ (عکس‌های ۱ تا ۴) به‌عنوان یک شاخص زیستی در پایش غلظت آلاینده‌های دی‌اکسیدنیترژن و ازن مورد ارزیابی قرار گرفته است. اندازه‌گیری میانگین میزان تخریب کلروفیل a، b و a+b در نمونه گل‌سنگ طی پنج بار تکرار در تماس با آلاینده‌های مذکور و مقایسه آن با نمونه شاهد به شرح نمودارهای ۱ تا ۴ و مقدار دانسیته نوری در جدول (۱) و تغییرات کلروفیل در جدول (۲)، نشان داده شده است.

جدول ۱- میزان دانسیته نوری در غلظت‌های مختلف گاز

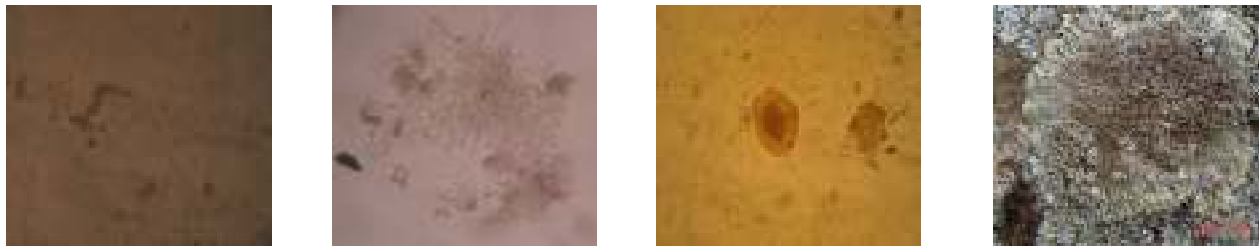
دی‌اکسیدنیترژن و ازن			
غلظت NO ₂ (ppb)	۶۰	۱۰۰	۲۰۰
OD435/ OD415	۱/۱۷۹۳	۱/۱۹۴۶	۱/۲۳۳۳
غلظت O ₃ (ppb)	۳۰	۱۰۰	۲۰۰
OD435/ OD415	۱/۱۸۸۲	۱/۰۸۸۲	۱/۲۲۲۷

طور مستقیم در ۱۰ میلی‌لیتر محلول DMSO^۱ استخراج شد. مزایای استفاده از DMSO به‌عنوان حلال جداکننده پیگمان‌های فتوسنتزکننده در گل‌سنگ استخراج ساده، سریع، کامل و امکان نگهداری نمونه استخراج شده در سرما بدون تجزیه شدن است (Garty *et al.*, 2001). کدورت عصاره استخراج شده در طول موج ۷۵۰ نانومتر کنترل شد تا از پایین بودن آن از حد ۰/۰۱ اطمینان حاصل شود. سپس شدت جذب عصاره در طول موج‌های ۶۵۵، ۶۴۸، ۴۳۵ و ۴۱۵ نانومتر قرائت گردید. کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b و طبق استاندارد، نسبت (OD^۲435/OD415) با استفاده از روابط ضریب جذب مخصوص برای کلروفیل a و b خالص، برای نمونه شاهد محاسبه گردید. (کلروفیل a+b به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری فعالیت فیزیولوژیکی سلول‌های جلبکی به‌کار برده می‌شود). نسبت دانسیته نوری نمونه‌های کلروفیل که در طول موج‌های ۴۳۵ و ۴۱۵ نانومتر قرائت می‌شوند (OD435/ OD415) یکی از رایج‌ترین پارامترهای مورد استفاده برای سنجش تخریب کلروفیل a می‌باشد. چنانچه این نسبت برابر با ۱/۴ باشد، نشان دهنده مقدار بهینه آن در کلروفیل a آسیب ندیده در گل‌سنگ است (Garty, *et al.*, 2001).

در مرحله بعد نمونه‌های مورد نظر در کیسه‌های مخصوص قرار داده شدند و گاز دی‌اکسیدنیترژن (در غلظت‌های ۶۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppb) و گاز ازن (در غلظت‌های ۳۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppb)، هر یک به ترتیب به درون کیسه‌ها با استفاده از دستگاه ambient سنج تزریق شدند (هر آزمایش ۵ بار تکرار گردید). هر یک از نمونه‌های گل‌سنگ در تماس با گاز NO₂ بعد از سه ساعت تماس و گاز O₃ بعد از یک ساعت تماس به آزمایشگاه منتقل شدند و مقدار کلروفیل آنها مانند نمونه شاهد اندازه‌گیری شد. غلظت‌های انتخاب شده آلاینده‌ها در این پژوهش، در محدوده غلظت‌های آلاینده‌ها مذکور

^۱ (DMSO): Di Methyl Sulf Oxide

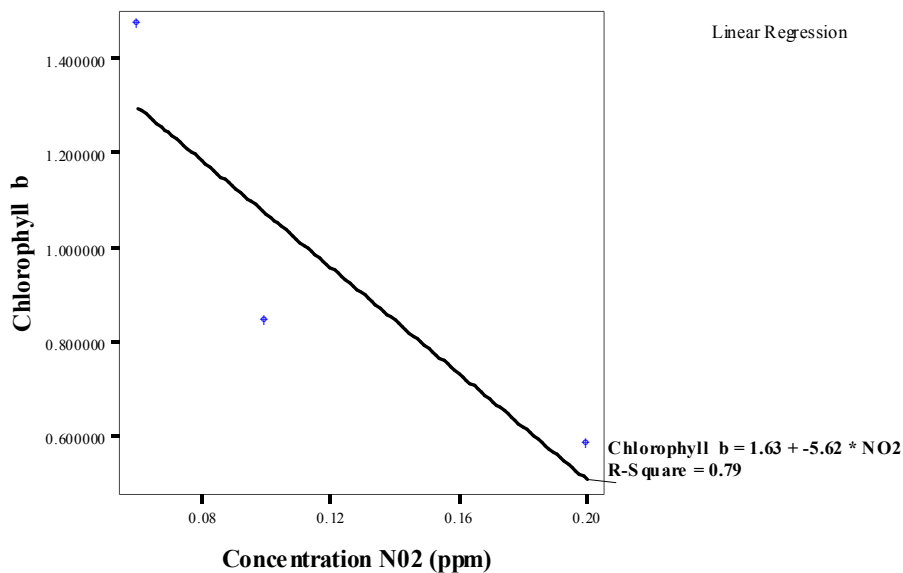
^۲ Optical Density



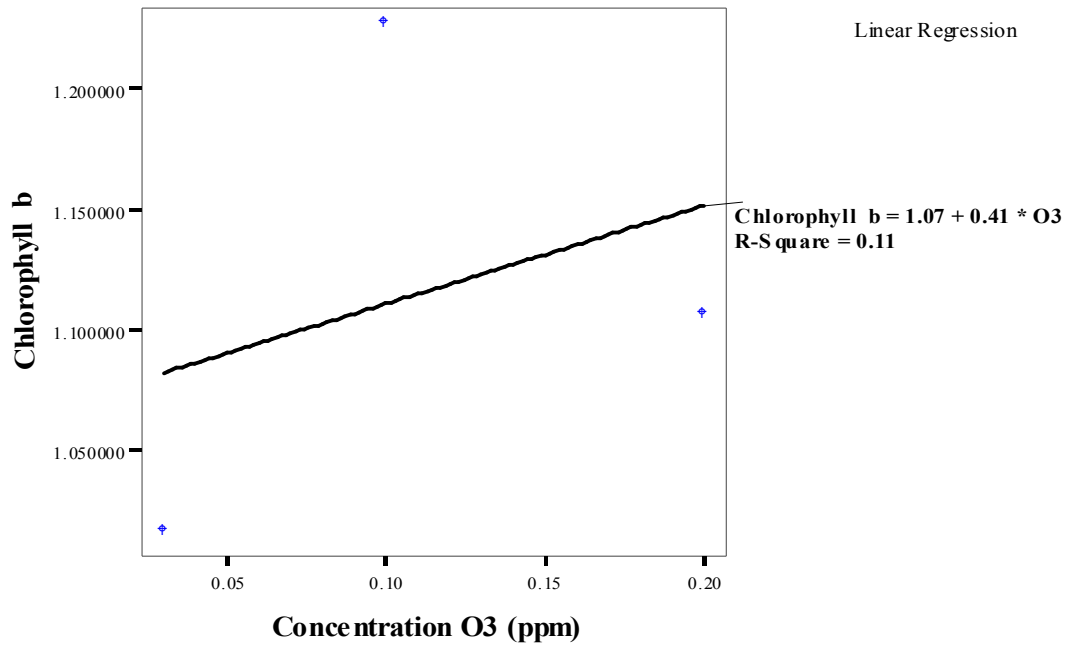
شکل ۱- نمایی از گلسنگ *Lecanora muralis* (الف). نمایی از سلول نوری در گلسنگ *L. muralis* (ب). نمایی از رشته‌های قارچی در گلسنگ *L. muralis* (ج). نمایی از یک رشته قارچی در گلسنگ *L. muralis* (د).

جدول ۱- بررسی تغییرات کلروفیل گلسنگ در مواجهه با غلظت‌های مختلف گاز دی‌اکسیدنیتروژن و ازن

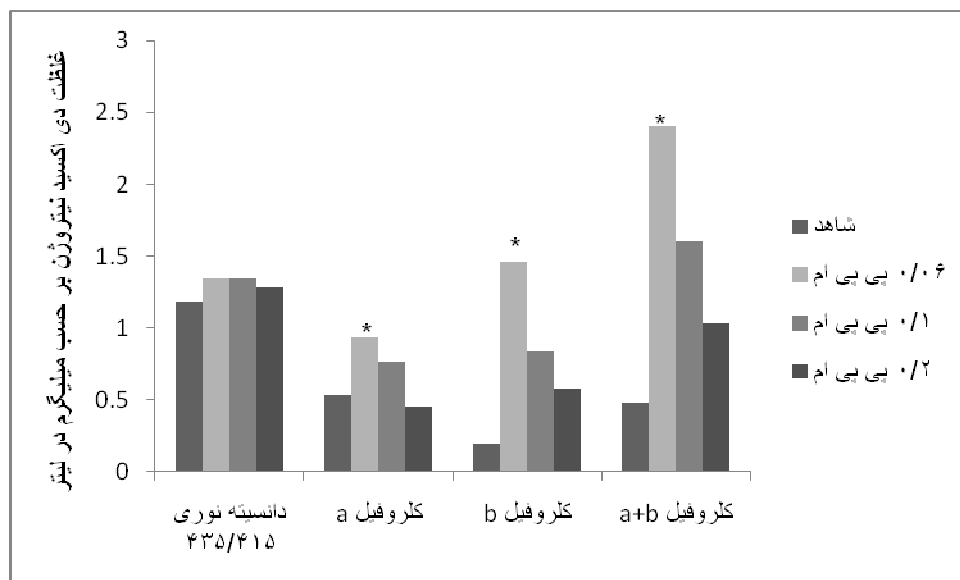
غلظت NO ₂ (ppb)	۶۰	۱۰۰	۲۰۰
کلروفیل a	۰/۹۳۴۴	۰/۷۶۷۰	۰/۴۵۸۶
کلروفیل b	۱/۴۶۳۲	۰/۸۳۵۲	۰/۵۷۵۳
کلروفیل a+b	۲/۳۹۷۶	۱/۶۰۲۳	۱/۰۳۳۹
غلظت O ₃ (ppb)	۳۰	۱۰۰	۲۰۰
کلروفیل a	۱/۲۳۸۸	۰/۵۸۱۴	۰/۷۷۹۶
کلروفیل b	۱/۰۱۴۲	۱/۲۳۵۳	۱/۱۰۴۲
کلروفیل a+b	۲/۲۵۳۰	۱/۸۰۶۸	۱/۸۸۳۸



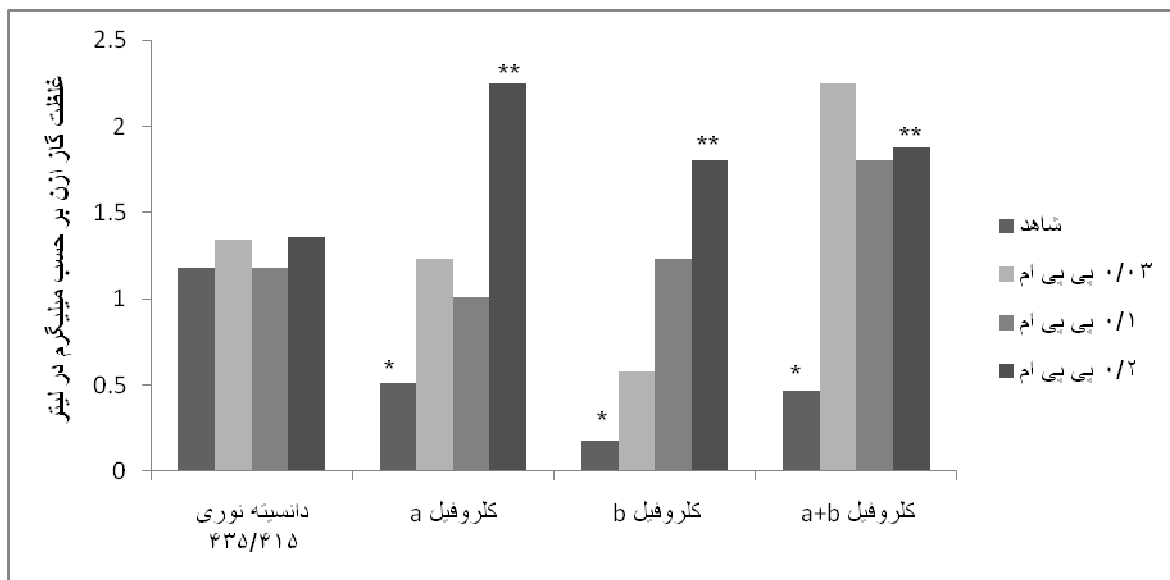
شکل ۲- ارتباط غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدنیتروژن (ppm) و میزان تخریب کلروفیل b



شکل ۳- ارتباط غلظت‌های مختلف ازن (ppm) و میزان تخریب کلروفیل b



شکل ۴- مقایسه تخریب کلروفیل a, b, a + b و نسبت OD435/ OD415 در نمونه شاهد و نمونه‌های در معرض تماس با غلظت‌های مختلف گاز دی‌اکسیدنیتروژن



شکل ۵- مقایسه تخریب کلروفیل a، b، a + b و نسبت OD435/ OD415 در نمونه شاهد و نمونه‌های در معرض تماس با غلظت‌های مختلف گاز ازن

تماس داده شده با آلاینده‌های مذکور و نمونه شاهد نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص می‌باشد مقدار تخریب کلروفیل a+b و نسبت OD435/ OD415 با افزایش غلظت در نمونه‌های در معرض تماس نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است.

بحث و نتیجه‌گیری

پایش آلودگی هوا با استفاده از شاخص‌های زیستی به‌عنوان راهکاری موثر و اقتصادی از طریق سنجش مستقیم هوای آزاد پا به عرصه گذاشته و برای پایش مناطقی در سطح وسیع به‌کار برده می‌شود (Chakrabortty *et al.*, 2006). پالاینده‌های زیستی مزایای بیشتری نسبت به سیستم‌های پایشی مرسوم دارند. پالاینده‌های زیستی مکمل‌هایی هستند که اثرات زیستی حاصل از غلظت آلاینده‌ها را نشان می‌دهند. این پالاینده‌ها سیستم‌هایی ارزان قیمت با هزینه نگهداری پایین، قابل کاربرد در مناطق شهری و روستایی و مناطق وسیع جغرافیایی می‌باشند. شاید بتوان گفت آنها راحت‌ترین سیستم‌های هشداردهنده موجود هستند

نتایج بررسی تغییرات غلظت NO_2 و O_3 با میزان تخریب کلروفیل a نشان می‌دهد که این دو عامل به ترتیب در سطح معنی‌داری ($P=0.08$ و $P=0.08$) دارای همبستگی منفی ($R^2=0.36$ و $R^2=0.99$) می‌باشند. به عبارت دیگر با افزایش غلظت آلاینده‌های مذکور میزان تخریب کلروفیل a کاهش می‌یابد. تغییرات غلظت NO_2 و O_3 با میزان تخریب کلروفیل b نشان می‌دهد که این دو عامل به ترتیب در سطح معنی‌داری ($P=0.004$ و $P=0.19$) دارای همبستگی منفی ($R^2=0.89$) و همچنین همبستگی مثبت ($R^2=0.11$) می‌باشند، به این مفهوم که با افزایش غلظت NO_2 تخریب کلروفیل b کاهش و در صورت افزایش غلظت ازن، تخریب کلروفیل b افزایش می‌یابد (شکل‌های ۲ و ۳). تغییرات غلظت NO_2 و O_3 با میزان تخریب کلروفیل a+b نشان داد که این دو عامل به ترتیب در سطح معنی‌داری ($P=0.009$ و $P=0.07$) دارای همبستگی منفی ($R^2=0.5$ و $R^2=0.36$) می‌باشند و می‌توان این‌طور گفت با افزایش غلظت آلاینده‌های مذکور میزان تخریب کلروفیل a+b کاهش می‌یابد. در شکل‌های ۴ و ۵ مقایسه میزان تخریب کلروفیل نمونه‌های

که همیشه با افزایش میزان آلاینده تخریب کلروفیل هم مستقیماً افزایش می‌یابد بلکه اگر غلظت آلاینده از حدی بالاتر برود، تخریب بیشتری مشاهده نشود و یا برعکس در غلظت‌های کمتر شدت آسیب بیشتر باشد و این نکته در واقع به حساس بودن گل‌سنگ برمی‌گردد و نشان می‌دهد که می‌توان از آن به عنوان پایشگر استفاده نمود. همچنین در پژوهش‌های مشابه مشخص گردید در گل‌سنگ‌هایی که به مناطقی با ترافیک شدید و تراکم وسایل نقلیه منتقل می‌شوند، می‌توان شاهد افزایش تخریب کلروفیل $a + b$ بود که متناسب با افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌باشد. معمولاً چنین اثراتی به واسطه آلاینده‌های حاصل از ترافیک و به خصوص اکسیدهای گوگرد و نیترژن ایجاد می‌شوند (Conti & Cecchetti, 2001).

این مطالعه و موارد مشابه آن، دانش ما را نسبت به حساسیت گونه‌ها به آلودگی هوا افزایش خواهند داد. وجود یا عدم وجود گونه‌ها در مناطقی با سطح آلودگی بالا یا پایین و میزان عناصر موجود در گونه‌ها به شناخت بهتری از حساسیت گل‌سنگ به آلودگی هوا کمک می‌کنند (Gaylord Nelson Institute, 2006). پر واضح است که دانستن اثرات آلودگی هوا و تنظیم سطوح آلودگی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از این رو، مطالعه گل‌سنگ‌ها به همراه اثرات آلاینده‌های هوا بر روی آنها برای جوامع بسیار با ارزش می‌باشند و این تلاش‌ها باید تا حد ممکن مورد حمایت قرار گیرند.

(Weinstein & Jone, 1989). بسیاری از گل‌سنگ‌ها به مدت طولانی، در هر شرایط محیطی، در هر فصلی و در هر محدوده وسیع جغرافیایی رشد نموده و امکان مطالعه سطوح مختلف آلاینده‌های هوا را فراهم می‌نمایند. (Simonson 2007; Freitas et al., 2011).

در این مطالعه میزان کلروفیل a ، b و $a+b$ و نسبت OD435/ OD415 نمونه‌های در معرض تماس با غلظت‌های مختلف گاز دی‌اکسیدنیترژن و ازن با نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. همان‌طور که مشخص می‌باشد مقدار تخریب کلروفیل $a+b$ و نسبت OD435/ OD415 با افزایش غلظت در نمونه‌های در معرض تماس در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافته است. نتایج این پژوهش با نتایج (Gombert et al., 2005) در خصوص مقایسه اثرات گاز NO_2 و O_3 در فرانسه به روی گل‌سنگ و گیاه تنباکو در محیط شهری انجام شد مشابه بوده و نشان می‌دهد رابطه معنی‌داری بین تغییرات غلظت NO_2 و O_3 اتمسفری و تغییرات کلروفیل گل‌سنگ وجود داشته و گل‌سنگ به عنوان یک شاخص حساس به NO_2 و O_3 مطرح می‌باشد. به عبارت دیگر یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که گاز دی‌اکسیدنیترژن و ازن بر گل‌سنگ اثرگذار بوده و منجر به افزایش تخریب کلروفیل شده‌اند که اثر تخریب کلروفیل در شرایطی که آلاینده مورد نظر ازن بوده بیشتر نشان داده شد. همچنین با توجه به نمودارهای ترسیمی می‌توان چنین بیان کرد که با تغییر غلظت دی‌اکسید نیترژن و ازن تخریب کلروفیل در غلظت‌های مختلف متفاوت می‌باشد و این‌طور نیست

References

- Bačkor, M., Paulikova, K., Geralska, A., Davidson, R., 2003. Monitoring of Air Pollution in Košice (Eastern Slovakia) Using Lichens, Polish Journal of Environmental Studies, 141-150.
- Bates, J.W., 2006. Effects of sulphur dioxide and ozone on lichen colonization of conifers in the Liphook Forest Fumigation Project.
- Begum, A., Ramaiah, M., Harikrishna, S., Veena, K., 2009. Analysis of Heavy metals concentration in Soil and Lichens from Various localities of Hosur Road, E-Journal of Chemistry, 6(1): 13-22.
- Begum, A., HariKrishna, S., 2010. Monitoring Air pollution using lichens species in South Bangalore, Karnataka, International Journal of ChemTech Research CODEN(USA): IJCRGG, 2(1): 255-260.
- Blett, T., Geiser, L., Porter, E., 2003. Air Pollution-Related Lichen Monitoring in National parks, Forests, and Refuges: Guidelines for Studies Intended for Regulatory and Management Purposes
- Chakraborty, S., Tryambakro, G., 2006. Aerosol and Air Quality Research, Vol.6 , No.3, 247-258.

- Conti, M.E., Cecchetti, G., 2001. Biological Monitoring: Lichens as Bioindicators of Air Pollution Assessment – a review, *Environmental Pollution* 114, 471-492.
- Freitas, M., Costa, N., Rodrigues, M., Marques, J., Vieira da Silva, M., 2011. Lichens as bio indicators of atmospheric pollution in Porto, Portugal, *Journal of Biodiversity and Ecological Sciences*, 1(1):1
- Froehlich, A., 2006. A look at Willamette Valley air quality using lichen communities as bioindicators
- Garty, J., Tamir, O., Hassid, I., Eshel, A., 2001. Photosynthesis, Chlorophyll Integrity, and Spectral Reflectance in Lichens Exposed to Air Pollution, Published in *J. Environ. Qual.* 30: 884-893
- Gaylord Nelson Institute for Environmental Studies, U.S Geological Survey and University of Wisconsin Madison, U.S.A. 2006. Lichens and Air Pollutin, Vol.12, No.4
- Gombert, S., 2005. Lichens and tobacco plants as complementary biomonitors of air pollution in the Grenoble area (Isere, southeast France)
- Gries, C., Maria, J., Goldsmith, S., 1996. The uptake of gaseous sulphur dioxide by non- gelatinous lichens
- Hutchinson, J., D. Maynard and L. Geiser. 1996. Air quality and lichens – a literature review emphasizing the Pacific Northwest, USA. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region 6, Pacific Northwest Region Air Resource Management Program www.fs.fed.us/r6/qa/lichen/almanac.html
- Lyman, J., 2001. Air Pollution, Lichen and Mosses. Available at: <http://www.mpm.edu>
- Palmer, S.B., 2005. "Lichen and Air Quality", in: *What planet is this?*
- Simonson, S., 2007. Lichens and Lichen-Feeding Moths (Arctiidae: Lithosiinae) as Bioindicators of Air Pollution in the Rocky Mountain Front Range, Colorado State University Fort Collins, Colorado 80523
- Talaei, F., 2001. Plants as environmental bioindicators, M.Sc Thesis, Islamic Azad University - Tehran North Branch, Iran
- Tamara, B., Geiser, L., 2003. Air Pollution-Related Lichen Monitoring in National Parks, Forests, and Refuges: Guidelines for Studies Intended for Regulatory and Management Purposes
- Weinstein, L., John, A., 1989. Indigenous And Cultivated Plants As Bioindicators, *The National Academies of science*, 195-198
- WHO Regional Office for Europe, 2000. Air Quality Guidelines, Second Edition, Chapter 10 (Effects of Sulfur Dioxide On Vegetation: Critical Levels), Copenhagen, Denmark

Biological Monitoring of Air Pollutants (Ozone and Nitrogen Dioxide) by Lichen(*Lecanora muralis*)

M.R. Khani¹, M. Vaezi^{*2}, E. Ghanadi² and A. Abdi²

¹ Assistant professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Health, Islamic Azad University -Tehran Medical Branch, I.R. Iran.

² M.Sc of Environmental Engineering , Faculty of Health , Islamic Azad University- Tehran Medical Branch, I.R. Iran

(Received: 18/04/2011 , Accepted: 01/07/2012)

Abstract

Lichens are composite organisms formed by a fungus and a green alga and / or a blue-green bacterium. They are recognized as being very sensitive to atmospheric pollution and respond to factors that influence human and environmental healths. Since 1860, lichen has been identified as a biological indicator to detect air pollution in Great Britain and Europe. Lichens have the high sensitivity to nitrogen dioxide, ozone, fluorine and heavy metals. The purpose of this study was lichen's chlorophyll changes in contact with different concentrations of O₃ and NO₂ pollutants in urban environments. *Lecanora muralis* transported into special bags in contact with O₃ gas at concentrations of 30, 100 and 200 ppb and NO₂ gas at concentrations 60, 100 and 200 ppb respectively. After one and three hours, they moved to the laboratory. Their chlorophyll (chlorophyll a, b, chlorophyll a + b and the ratio OD435 / OD415) was extracted by immersion of the building 20 mg weight lichens in 10 ml DMSO solution. Data was analysed to evaluate the correlation and changes in amount of pollutants and concentrations of chlorophyll degradation. Destruction of chlorophyll with positive correlation (P < 0.05) In samples exposed to O₃ and damage of chlorophyll in contact with NO₂ hawith a negative correlation, level P > 0.05 were observed. This study showed that *Lecanora muralis* can be used as a biological indicator in monitoring emissions of ozone and NO₂ in urban area.

Keywords: Bioindicator, Lichen, Chlorophyll, NO₂ , O₃

*Corresponding author: Tel: +989123768715

Fax: 22601016

E-mail: mahnaz_v1384@yahoo.com