

پهنه‌بندی غلظت کلروفیل برگ گونه‌های درختی (مطالعه موردی شهر ملایر): شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری

عیسی سلگی^{۱*}، آرزو سلیمانی^۲، ویدا حاتمی^۳

۱- استاد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲- دکتری تخصصی، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۳- کارشناس محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

* نویسنده رابط: e.solgi@malayeru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین مسائل محیط‌زیستی در حال حاضر است. عمومی‌ترین اثر آلودگی هوا در گیاهان محو شدن تدریجی کلروفیل و زرد شدن برگ‌هاست که ممکن است با کاهش ظرفیت فتوسنتز مرتبط باشد. هدف از این پژوهش بررسی میزان اثر آلودگی هوا بر مقدار کلروفیل و پهنه‌بندی میزان کلروفیل برگ دو گونه‌ی درختی در شهرستان ملایر است.

روش کار: بدین‌منظور نمونه‌برداری از برگ دو گونه‌ی درختی چنار (*Platanus orientalis*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia*) در نقاط مختلف شهرستان ملایر (مناطق پاک و آلوده) هر کدام با سه تکرار انجام شد. غلظت رنگدانه‌ها در برگ به روش Lichtenthaler (1987) که اصلاح شده روش Arnon (1949) است، در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد.

نتایج: نتایج نشان داد که میزان کلروفیل‌های *a* و *b* و کل در گونه‌ی درختی افاقیا در بخش‌های جنوبی (جنوب غرب) محدوده مطالعاتی به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در بخش‌های شرقی و شمال غربی در کمترین میزان خود قرار دارد. همچنین در قسمت‌های مرکزی منطقه‌ی مطالعاتی میزان غلظت کلروفیل‌های *a* و *b* و کل مربوط به این گونه کم و متوسط است. بر خلاف گونه‌ی افاقیا، برای گونه‌ی چنار در بخش‌های شرقی و شمال غربی منطقه مطالعاتی میزان کلروفیل‌های *a* و *b* و کل بیشترین مقدار را دارد و در بخش‌های جنوب غربی به حداقل مقدار خود می‌رسد. اما مشابه با گونه‌ی افاقیا در قسمت‌های مرکزی منطقه‌ی مطالعاتی میزان غلظت کلروفیل‌های *a* و *b* و کل، کم و متوسط است.

نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد میزان کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل برگ دو گونه درختی افاقیا و چنار در مناطق آلوده بررسی شده شهرستان ملایر نسبت به مناطق پاک افزایش داشته است. در پایان می‌توان گفت که افزایش شاخص فیزیولوژیکی مانند افزایش میزان کلروفیل پاسخ گیاه برای افزایش مقاومت در برابر آلاینده‌های هوا را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، چنار، افاقیا، کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل، ملایر

مقدمه

غلظت کلروفیل در برگ گونه همیشه سبز انجیر بنگالی و گونه‌ی برگ ریزجک را برای پایش زیستی آلاینده‌های دی‌اکسیدگوگرد، دی‌اکسیدنیتروژن و ذرات معلق در منطقه‌ای خشک و گرم در هند به‌کار بردند (۱۶). **Bamniya** و همکاران (۲۰۱۱)، محتوای کلروفیل در برگ‌های باقلای هندی را که از مناطق با سطوح مختلف غلظت آلاینده‌های دی‌اکسیدگوگرد، دی‌اکسیدنیتروژن و PM_{10} در شهر اودایپور هند جمع‌آوری شده بود، مقایسه کردند (۱۷). انتخاب گیاهان متناسب با محیط، در طراحی فضای سبز، بسیار کارآمد است. درختان با توجه به عمر طولانی خود به عنوان موجود زنده، می‌توانند بهترین و دقیق‌ترین شاخص برای تحقیق روی تنش‌های محیطی باشند (۱۸، ۱۹).

آلودگی هوا موجب صدمه و آسیب به برگ و روزنه‌ها و پیری زودرس برگ‌ها می‌گردد (۱۲). پژوهش‌های متنوع روی گیاهان مختلف نشان داده است آلودگی هوا موجب کاهش سطح برگ، وزن خشک و غلظت انواع کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و پروتئین برگ‌ها می‌گردد (۲۴-۱۳).

Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۶)، گزارش کردند که در اثر آلودگی هوا وزن خشک گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در اثر آلاینده‌های هوا مبادله گازها در سطح برگ کم می‌شود و سرعت فتوسنتز با مسدود شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد (۲۵). بررسی پژوهشگران نشان می‌دهد که در مناطق آلوده میزان کلروفیل کاهش یافته است (۲۶). افزایش آلودگی هوا از یک سو با اثر روی ساختار خود گیاه باعث اختلال در عملکرد بخش‌های مختلف از جمله کلروفیل می‌شود و غذاسازی گیاه تضعیف می‌شود و از سوی دیگر از طریق ایجاد باران‌های اسیدی، روی خاک اطراف ریشه گیاه اثر می‌گذارد و باعث کاهش اسیدیته خاک می‌شود و نزولات اسیدی سبب مشت و خروج مواد مغذی قابل ملاحظه‌ای از داخل خاک می‌شود و یون هیدروژن را جانشین مواد غذایی قابل جذب برای گیاه می‌سازند pH خاک را اسیدی می‌کنند (۲۷). اندازه‌گیری کلروفیل یک ابزار مهم برای ارزیابی اثرات آلاینده‌های هوا بر روی گیاهان است (۲۸). برداشت (۱۴۰۱)،

آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین مسائل محیط‌زیستی در حال حاضر است (۱، ۲). همچنین آلودگی هوا تحت تأثیر صنعتی شدن، توسعه اقتصادی، مصرف انرژی و افزایش ترافیک قرار دارد (۳، ۴). آلودگی هوا با برهم‌زدن حالت پایدار سلول‌های در معرض آن، به گیاهان آسیب وارد می‌سازد. آلاینده‌های مختلف هوا از راه‌های متفاوت به آسیب‌دیدگی گیاه منجر می‌شوند. پایش زیستی یک روش رایج و متداول برای ارزیابی مؤثر و ارزان‌قیمت از کیفیت هوای شهری است (۴، ۵، ۶، ۷، ۸). پاسخ گیاه به تنش آلودگی هوا به دو صورت است: یا گیاه آلاینده را در خود تجمع می‌دهد و یا در اثر تنش آلودگی از خود علائم ویژه نشان می‌دهد. این علائم بسته به نوع آلاینده، غلظت آن، گونه، شرایط فیزیولوژیکی سن گیاه متفاوت است (۹). در مقابل، این علائم نشان‌دهنده‌ی وجود تنش آلودگی هوا در گیاه است. شاخص‌های مختلفی برای نشان دادن تنش آلودگی هوا در درختان به‌کار می‌رود. عیب عمده این شاخص‌ها اختصاصی نبودن و تأثیرپذیری آن‌ها از تنش‌های محیطی دیگر است. میزان حساسیت گیاهان نسبت به آلودگی هوا متفاوت است و موجب تغییراتی مانند تغییر در فرایندهای بیوشیمیایی و تجمع متابولیت‌های معین در آن‌ها می‌شود (۱۰). برای مثال آلودگی هوا باعث افزایش اسیدآمینه پرولین می‌شود (۱۱، ۱۲). یکی از خدمات درختان شهری، نقش آن‌ها در تصفیه مواد زائد و جذب آلاینده‌های هوا است. آلودگی هوا تولید محصولات و کیفیت غذایی گیاهان را کاهش می‌دهد (۱۳، ۱۴). وقتی آلاینده‌ها به‌وسیله گیاهان جذب می‌شوند، باعث تغییراتی در محتوای رنگریزه‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و سایر شاخص‌های بیوشیمیایی می‌شوند که این تغییرات می‌توانند اطلاعات ارزشمندی در مورد وضعیت فیزیولوژیک گیاهان در معرض آلودگی هوا مهیا کنند (۱۵). عمومی‌ترین اثر آلودگی هوا در گیاهان محو شدن تدریجی کلروفیل و زرد شدن برگ‌هاست که ممکن است با کاهش ظرفیت فتوسنتز مرتبط باشد (۱۵). **Sharma** و **Tripathi** (۲۰۰۹)،

چنار (*Platanus orientalis*) و اقاچیا (*Robinia pseudoacacia*) نمونه برداری شده است.

روش کار

منطقه مورد مطالعه: شهرستان ملایر بزرگترین شهرستان استان همدان پس از همدان با ۳۲۶۰ کیلومتر مربع (وسعت شهرستان ملایر ۶۰ کیلومتر مربع) که بر اساس تقسیمات کشوری شامل ۵ شهر ملایر، زنگنه، ازندریان، سامن، جوکار و از ۴ بخش شامل: مرکزی، جوکار، سامن، زند و ۱۵ دهستان و ۲۲۵ روستا تشکیل شده است. شهرستان ملایر در ۴۸ و ۴۹ درجه طول جغرافیایی و ۳۴ و ۱۷ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد و از شمال به همدان، از شرق به اراک، از جنوب به بروجرد و از طرف غرب به شهرستان تویسرکان و نهاوند محدود شده است. ارتفاع از سطح دریا ۱۷۸۰ و فاصله اش از همدان ۸۶ و تهران ۳۹۰ کیلومتر است امتداد رشته کوه البرز از شمال و شمال شرق این شهرستان می گذرد و به کوه های سربلند اراک متصل می شود. مرتفع ترین کوه این شهرستان (قله لشگر در با ارتفاع ۲۹۲۸ متری) می باشد و کوه معروف (یزدگرد) با بقایای قلعه یزدگرد ساسانی در جنوب شهر قرار دارد. از دیگر ارتفاعات مهم، ارتفاع کوه گرمه با ارتفاع ۲۲۰۶ متر و کوه سرده با ارتفاع ۲۲۷۷ متر می باشد. پوشش گیاهی شهرستان ملایر از نوع استپ کوهپایه ای است. ملایر از نظر آب و هوایی در مرز آب و هوای معتدل کوهستانی و آب و هوای نیمه بیابانی ایران قرار گرفته و خصوصیات هر دو نوع آب و هوا را داراست و متوسط بارندگی سالیانه آن به ۲۴۲/۲ میلی متر می رسد.

نمونه برداری از برگ دو گونه ی درختی چنار (*Platanus orientalis*) و اقاچیا (*Robinia pseudoacacia*) در در نقاط مختلف اعم از مناطق پاک و آلوده شهرستان ملایر هر کدام با سه تکرار انجام شد. پس از بررسی های میدانی به عمل آمده، این دو گونه ی درختی به دلیل حضور در نقاط مختلف سطح شهرستان ملایر انتخاب شد. نمونه های برگ (برگ های جوان سرشاخه ها) در سال ۱۳۹۵ از نقاط مختلف منطقه مطالعاتی در سه تکرار به صورت

شاخص تحمل به آلودگی هوا و برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی چند گونه گیاهی کاشته شده در شهرک صنعتی شهر یزد را اندازه گیری و مورد بررسی قرار داد (۲۹). همچنین در پژوهشی دیگر، شجاعی برجوتی و همکاران (۱۳۹۹)، نیز شاخص تحمل گیاهان به آلودگی هوای مجتمع صنعتی شیشه، خاک چینی، کاشی و سرامیک اردکان را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند (۳۰). مطالعه Enete و همکاران برای ارزیابی تأثیر جزیره حرارتی در کشور نیجریه شهر انگو با استفاده از شاخص تحمل به آلودگی هوا در پنج گونه درختی و پنج گونه درختچه ای زینتی (۳۱)، مطالعه Ayyappan و Bakiyaraj (۳۲)، Achakzai و همکاران (۳۳)، Elloumi و همکاران (۳۴) برای تعیین حساسیت و تحمل به آلودگی در گیاهان رویش یافته در مناطق صنعتی، انجام شده است. همچنین در زمینه بررسی گیاهان مقاوم به آلودگی هوا می توان به مطالعات Joshi و همکاران (۱۹۹۳) (۳۵)، Tripathi و Gautam (۲۰۰۷) (۳۶)، و Esiefarienrhe (۲۰۰۹) (۳۷)، نیز اشاره کرد.

اقاچیا (*Robinia pseudoacacia*) درختی است گل دار و زینتی از تیره پروانه آسا که در بیشتر مناطق ایران می روید. این درخت خزان دیررس دارد. برگ های آن مرکب و به رنگ سبز نزدیک به آبی است. درخت اقاچیا از جمله درختان مقاومی است که با انواع آب و هوا سازگاری یافته و به منظور زیباسازی فضای سبز و کنترل فرسایش خاک و احیای اراضی کشت می شود (۳۸). *Platanus orientalis* (چنار شرقی) با نام انگلیسی *plane* شناخته می شود، که حداکثر تا ۳۰ متر رشد می کند و به دلیل عمر طولانی و تاج زیبایی که دارد، معروف است. این گونه بومی ایران نیز می باشد و به همین دلیل در برخی از شهرهای ایران به خوبی رشد و نمو می کند. هدف از این پژوهش بررسی میزان اثر آلودگی هوا بر مقدار کلروفیل و پهنه بندی میزان کلروفیل برگ دو گونه ی درختی در شهرستان ملایر است. بدین منظور در نقاط مختلف اعم از مناطق پاک و آلوده شهرستان ملایر از برگ دو گونه درختی

در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به انجام تحلیل فضایی و توزیع مکانی متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از روش درونیایی توابع پایه‌ای شعاعی (اسپیلاین) پرداخته شد. مدل Spline: مدل Spline یک سطح با حداقل انحنا را روی نقاط استفاده شده برای میان‌یابی برازش می‌دهد. به عبارتی یک تابع ریاضی را طوری بر سطح برازش می‌کند که از نقاط کنترل بگذرد. اسپیلاین‌ها، توابع پیچیده‌ای شامل قطعاتی از چندجمله‌ای‌هایی با درجات مختلف بین هر دو نقطه از فضا هستند که در محل اتصالات، نرم شده‌اند. اسپیلاین‌ها یکی از بهترین روش‌ها برای نشان دادن تغییرات تدریجی سطوح مانند ارتفاع، عمق سطح ایستابی یا غلظت آلودگی است. نتیجه درونیایی با این روش سطحی نرم و هموار می‌باشد (۴۱، ۴۲).

در روش اسپیلاین نقاط مجهول بر اساس معادله‌ی زیر تخمین زده می‌شوند:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \phi(\|S_i - S_0\|)$$

$$r = \|S_i - S_0\| \quad \Phi(r)$$

$$\{\lambda_i = 1, 2, \dots, n+1\}$$

که در آن، تابع پایه شعاعی، فاصله اقلیدسی بین پیش‌بینی مکان S_0 و هر داده مکانی S_i و وزن‌هایی هستند که تخمین زده می‌شوند (۴۳، ۴۲).

نتایج

نقشه‌های پهنه‌بندی میزان کلروفیل a ، b و کل در گونه‌ی درختی افاقیا در محدوده‌ی مطالعاتی ما در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان کلروفیل‌های a ، b و کل در بخش‌های جنوبی (جنوب غرب) محدوده‌ی مطالعاتی به حداکثر مقدار خود می‌رسد. و در بخش‌های شرقی و شمال غربی در کمترین میزان خود قرار دارد. همچنین در قسمت‌های مرکزی منطقه‌ی مطالعاتی میزان غلظت کلروفیل‌های a ، b و کل، کم و متوسط است.

کاملاً تصادفی برداشت شد. گیاهان مورد مطالعه تا حد امکان هم‌سن و در یک مرحله رویشی انتخاب شدند. نمونه‌ها در مجاورت یخ و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به سرعت به آزمایشگاه منتقل و برگ‌ها از دم‌برگ و ساقه جدا شد. سطوح برگ‌ها ابتدا با آب معمولی از خاک و سایر آلودگی‌ها پاک شد، سپس با آب مقطر شسته و کاملاً خشک گردید.

محاسبه غلظت کلروفیل‌ها: غلظت رنگدانه‌ها در برگ به روش Lichtenthaler (1987) (۳۹) که اصلاح شده روش Arnon (1949) (۴۰) است، اندازه‌گیری شد. مطابق این روش ۱ گرم برگ چنار و افاقیا هر کدام جداگانه با ۲۰ ml استون ۸۰٪ درون هاون ساییده شد. عصاره‌ی حاصل با دور ۵۰۰۰ سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل a ، b و کل بر حسب میکروگرم بر میلی‌گرم بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$C_a = 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \frac{V}{1000W}$$

$$C_b = 22.9 (A_{645}) - 4.68 (A_{663}) \frac{V}{1000W}$$

$$C_{\text{کل}} = 20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \frac{V}{1000W}$$

در فرمول‌های بالا، A_{663} و A_{645} : مقدار جذب خوانده شده در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر، V : حجم نهایی عصاره، W : وزن نهایی برگ هستند.

فراکافت آماری: در این پژوهش برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد. نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی میزان کلروفیل‌های a ، b و کل با استفاده از روش Spline در نرم‌افزار Arc Map 10.3 رسم گردید. مراحل انجام پژوهش بدین ترتیب بود، که پس از آماده‌سازی داده‌های میزان کلروفیل‌های a ، b و کل مربوط به دو گونه درختی و تهیه‌ی پایگاه داده‌ای مربوط

مورد چندین گونه گیاهی تحت تنش آلودگی هوا انجام شد، گیاه *Prosopis juliflora* به عنوان حساس ترین گونه شناخته شد که میزان کلروفیل این گیاه در منطقه آلوده در مقایسه با منطقه کنترل کاهش یافت و در مورد گیاهان *Callistemon salignus* کلروفیل، تحت تنش آلودگی هوا افزایش یافت (۱۲). Joshi و همکاران (۱۹۹۳)، گزارش نمودند که گیاهان مقاوم به آلودگی هوا میزان کلروفیل بالاتری دارند (۳۵). Tripathi و Gautam (۲۰۰۷)، نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که برگ های گیاه *Mangifera indica* در معرض آلودگی هوا افزایش (۱۲/۸٪) در محتوای کلروفیل خود نشان دادند (۳۶). همچنین Agbaire و Esiefarienrhe (۲۰۰۹)، در یک مطالعه نشان داده اند که گیاهان از سایت آزمایشی حاوی کلروفیل بیشتری در مقایسه با گیاهان از محل شاهد هستند (۳۷). همگی نتایج تحقیقات فوق، مشابه و همسو با نتایج این پژوهش است. Molnar و همکاران (۲۰۱۸)، محتوای کلروفیل برگ درختان شهری به عنوان شاخص شهرنشینی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بین گونه های مورد بررسی در مناطق شهری و روستایی تفاوت معنی داری وجود ندارد و نیز محتوای کلروفیل *a* شاخص مناسبی برای ارزیابی میزان آلودگی هوا بود؛ که این نتیجه نیز مؤید نتایج به دست آمده از این پژوهش است (۱). افزایش کلروفیل *a* و *b* کلروفیل کل برگ های گیاهان در معرض آلودگی هوا، با تحریم فعالیت های فتوسنتزی مربوط است. بسیاری از تغییرات رشد و فیزیولوژی گیاهان از قبیل آن هایی که در نتیجه آلودگی هوا ایجاد می شوند، پاسخ های جبرانی زیستی به تنش های محیطی هستند و استراتژی جبرانی عمده در برابر تنش ها در گیاهان کم کردن آسیب های حاصل از تنش است (۱۵، ۶، ۴). به همین دلیل تنش آلودگی هوا در بعضی از گیاهان به افزایش وزن تر و خشک برگ های آلوده و در نتیجه به افزایش کلروفیل منجر می شود (۱۱، ۱۵). حفظ و افزایش کلروفیل گیاه در معرض آلودگی هوا می تواند نشانه تحمل و مقاومت گیاه نسبت به آلودگی هوا باشد (۴۷). در برگ دو

نقشه های پهنه بندی میزان کلروفیل *a*، *b* و کل در گونه درختی چنار در محدوده مطالعاتی ما در شکل های ۵ تا ۷ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، بر خلاف گونه ی اقاچیا، در بخش های شرقی و شمال غربی منطقه مطالعاتی میزان کلروفیل های *a*، *b* و کل بیشترین مقدار را دارد و در بخش های جنوب غربی به حداقل مقدار خود می رسد. اما مشابه با گونه ی اقاچیا در قسمت های مرکزی منطقه مطالعاتی میزان غلظت کلروفیل های *a*، *b* و کل، کم و متوسط است.

بحث

این پژوهش با هدف بررسی میزان اثر آلودگی هوا بر مقدار کلروفیل و پهنه بندی میزان کلروفیل برگ دو گونه ی درختی چنار (*Platanus orientalis*) و اقاچیا (*Robinia pseudoacacia*) در نقاط مختلف اعم از مناطق پاک و آلوده شهرستان ملایر انجام شده است. کلروفیل از رنگیزه های موجود در کلروپلاست می باشد. میزان کلروفیل گیاه بیانگر فعالیت فتوسنتزی، رشد و نمو گیاه می باشد. میزان کلروفیل گیاهان بسته به نوع گیاه، سن برگ ها، سطوح آلاینده ها متفاوت است. از نظر پژوهشگران، حفظ کلروفیل گیاه تحت تنش آلودگی هوا نشانه مقاومت و تحمل گیاه در برابر آلودگی هوا است (۴۴). نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد میزان کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل برگ دو گونه درختی اقاچیا و چنار در مناطق آلوده بررسی شده سطح شهرستان ملایر نسبت به مناطق پاک افزایش داشته است. تحقیقات مشابهی نشان داد میزان کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل گیاهان *Tevatia Moltkiopsis ciliate neralfoia* و *Zygophyllum album* و زبان گنجشک در پاسخ به آلودگی هوا به طور معنی داری افزایش یافت (۱۵، ۴۵). در مطالعه Koochak و Seyyednejad (۲۰۱۱) در منطقه آلوده، برگ های گیاه (*Eucalyptus camaldulensis*) ۸/۳۹، ۸/۹۶ و ۸/۵۸٪ افزایش را به ترتیب در کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل را نشان داد (۱۱). در مطالعه ای که در

بخش فرآورده‌های نفتی این شهرستان پیشنهاد می‌شود. همچنین برای مطالعات آتی، اندازه‌گیری شاخص مقاومت به آلودگی هوا (APTI)، و انجام پژوهش‌های گسترده‌تر با انتخاب تعداد و انواع بیشتری از گیاهان با تأکید بر انتخاب گونه‌های مقاوم به تنش‌های محیطی برای گزینش بهترین ترکیب گیاهی کاهنده آلودگی هوا پیشنهاد می‌گردد.

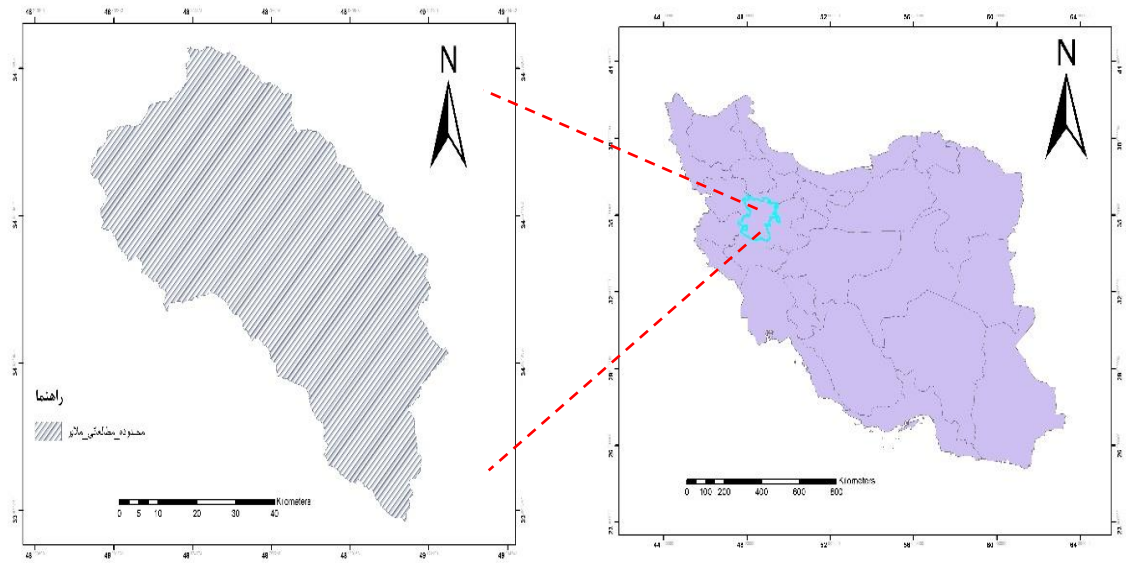
تشکر و قدردانی

از همکاری مسئولین آزمایشگاه گروه محیط زیست و نیز آزمایشگاه مرکزی دانشگاه ملایر در این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

گونه افاقیا و چنار نیز افزایش میزان کلروفیل‌ها می‌تواند بیانگر این نکته باشد که گیاه از این طریق با تنش مقابله کرده و مانع کاهش فتوسنتز گیاه شده است.

نتیجه‌گیری

در پایان می‌توان گفت که افزایش شاخص فیزیولوژیکی مانند افزایش میزان کلروفیل پاسخ گیاه برای افزایش مقاومت در برابر آلاینده‌های هوا را نشان می‌دهد. کاشت دو گونه‌ی درختی افاقیا و چنار برای ایجاد فضاهای سبز بیشتر در مناطق پرتردد شهری، اطراف شهرک‌های صنعتی شهرستان ملایر و نیز در اطراف سایت‌های شرکت

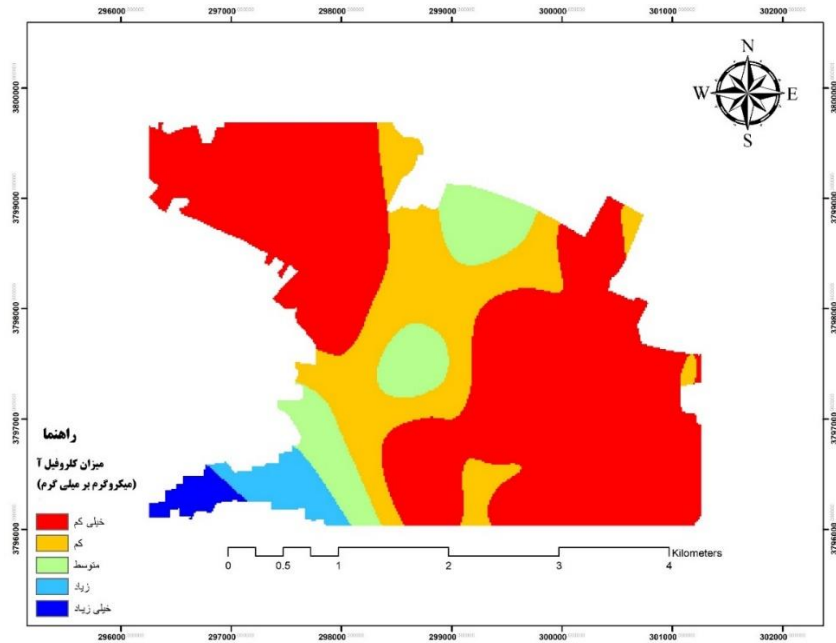


(الف)

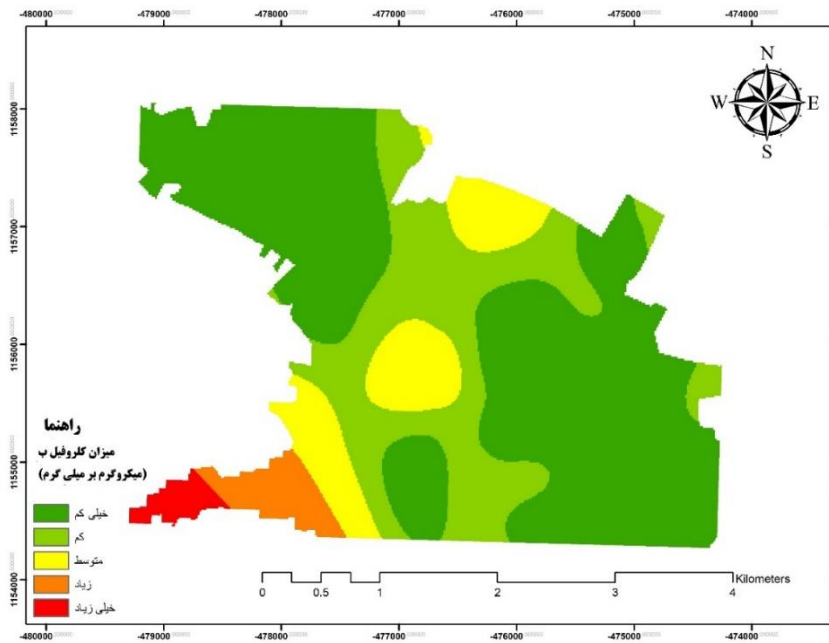


(ب)

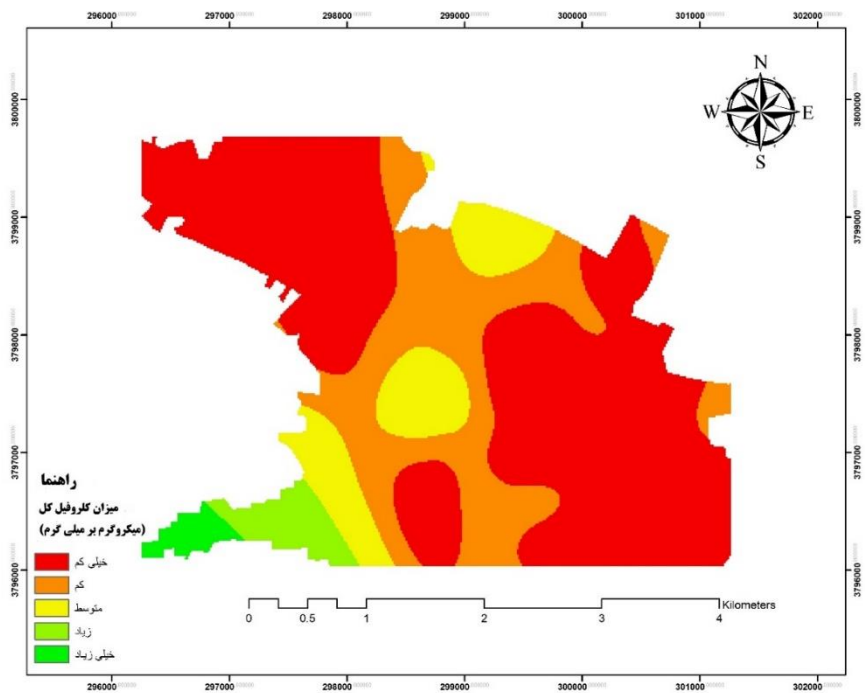
شکل ۱- (الف) موقعیت شهرستان ملایر (ب) محدوده منطقه مطالعاتی به همراه ایستگاه‌های نمونه‌برداری: پهنه‌بندی غلظت کلروفیل برگ گونه‌های درختی (مطالعه موردی: شهر ملایر): شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری



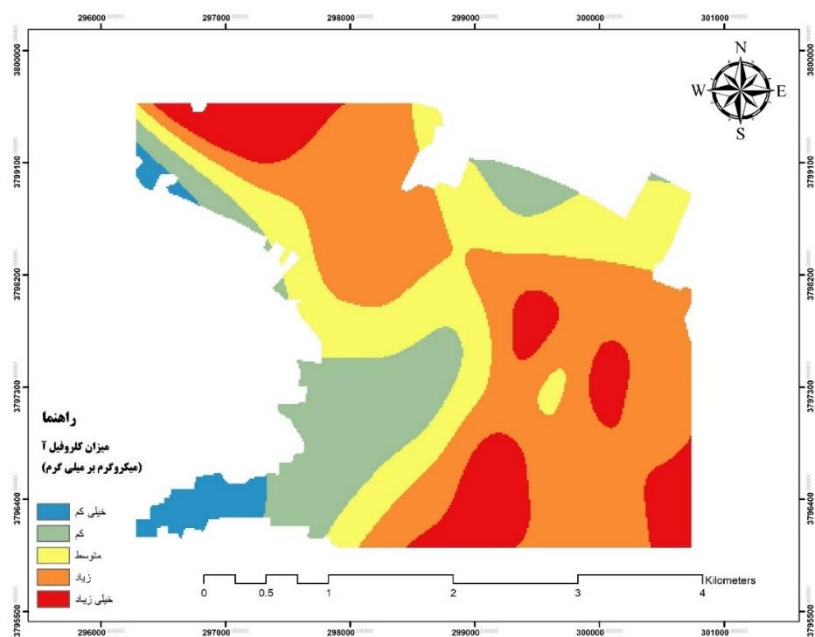
شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی غلظت کلروفیل *a* در گونه‌ی درختی اقاچیا در محدوده‌ی مطالعاتی شهر ملایر: شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری



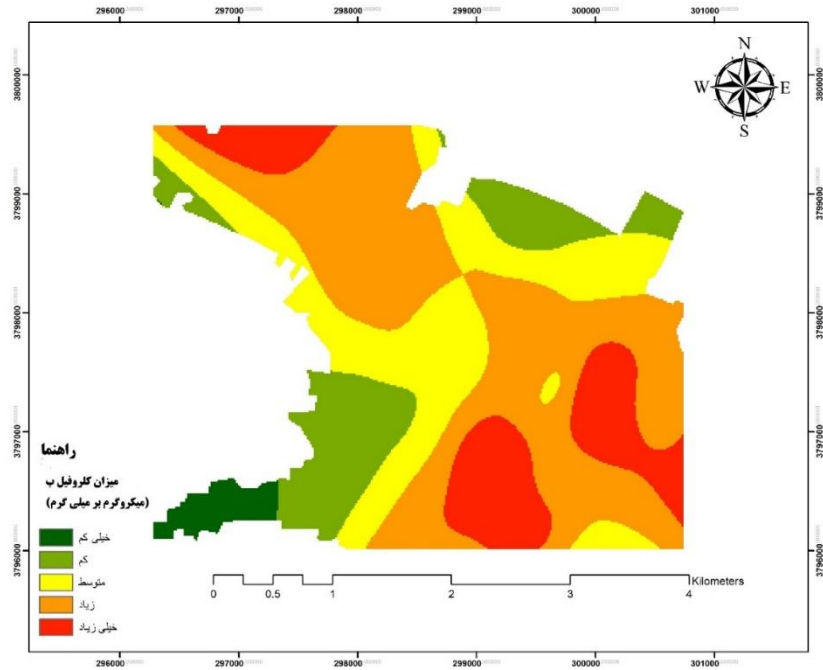
شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی غلظت کلروفیل *b* در گونه‌ی درختی اقاچیا در محدوده‌ی مطالعاتی شهر ملایر: شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری



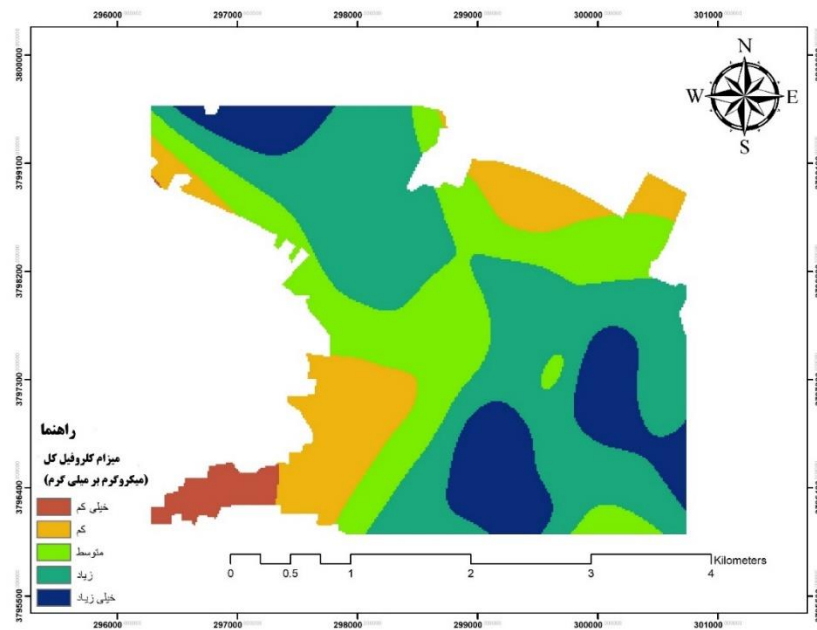
شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی غلظت کلروفیل کل در گونه‌ی درختی اقلایا در محدوده‌ی مطالعاتی شهر ملایر: شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی غلظت کلروفیل *a* در گونه‌ی درختی چنار در محدوده‌ی مطالعاتی شهر ملایر: شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی غلظت کلروفیل *b* در گونه‌ی درختی چنار در محدوده‌ی مطالعاتی شهر ملایر: شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری



شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی غلظت کلروفیل *a* در گونه‌ی درختی چنار در محدوده‌ی مطالعاتی شهر ملایر: شاخصی برای بررسی آلودگی هوا در محیط‌های شهری

References

1. Molnar EV, Tóthmérész B, Szabó S, Simon S. Urban tree leaves' chlorophyll-a content as a proxy of urbanization. *Air Quality, Atmosphere & Health* 2018;11(6):665-671.
2. Braun M, Margitai Z, Tóth A, Leermakers M. Environmental monitoring using linden tree leaves as natural traps of atmospheric deposition: a pilot study in Transilvania, Romania. *Acta Geogr Debrecina Landsc Environ* 2007; 1(1):24-35.
3. Shiragave PD, Ramteke AA, Patil S.D. Plant responses to vehicular pollution: specific effect on photosynthetic pigments of plants at divider of NH-4 highway Nipani Area, Karnataka State, India. *Cent Eur J Exp Biol* 2015; 4(2):1-4.
4. Margitai Z, Simon E, Fábíán I, Braun M. Inorganic chemical composition of dust deposited on oleander (*Nerium oleander* L.) leaves. *Air Qual Atmos Health* 2017; 10(3):339-347.
5. Allajbeu S, Qarri F, Marku E, Bekteshi L, Ibro V, Frontasyeva MV, Stafilov T, Lazo P. Contamination scale of atmospheric deposition for assessing air quality in Albania evaluated from most toxic heavy metal and moss biomonitoring. *Air Qual Atmos Health* 2017; 10(5):587-599.
6. Simon E, Baranyai E, Braun M, Cserhádi CS, Fábíán I, Tóthmérész B. Elemental concentrations in deposited dust on leaves along an urbanization gradient. *Sci Total Environ* 2014; 490:514-520.
7. Simon E, Braun M, Vidic A, Bogyó D, Fábíán I, Tóthmérész B. Air pollution assessment based on elemental concentration of leaves tissue and foliage dust along an urbanization gradient in Vienna. *Environ Pollut* 2011; 159:1229-1233.
8. Monaci F, Moni F, Lanciotti E, Grechi D, Bargagli R. Biomonitoring of airborne metals in urban environments: new tracers of vehicle emission, in place of lead. *Environ Pollut* 2000; 107(3):321-327.
9. Bell JNB, treshow M. *Air pollution and plant life*. In John Wiley and sons Ltd 2003.
10. Agbaire PO. Air pollution tolerance indices (apti) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria. *International Physical Science* 2009; 4(6): 366-368.
11. Seyyednejad SM, and Koochak H. A Study on air pollution-induced biochemical alteration in *Eucalyptus camaldulensis*.

- Australian Journal of Basic Sciences 2011; 5:601-606.
12. Seyyednejad SM, Niknejad M, Koochak H. A Review of some different effects of air pollution on plants. Research Journal of Environmental Sciences 2011; 5:302-309.
 13. Jager HJ, Unsworth MH, De Temmerman L, Mathy P. Effects of air pollution on agricultural crops in Europe. Air Pollution Research Report 1993; 46: 105-109.
 14. Mohsenzadeh S, Akbari Y. Effect of air pollution on some physiological indexes of *Ulmus*, *Acer* and *Platanus* plants in Shiraz city. Journal of Environmental Sciences Studies 2017; 2(2): 387-396. [Persian]
 15. Amini F, Fattah N, Askari M. Effects of air pollutants on the physiology and anatomy of *Fraxinus excelsior* leaves within the Iran's Aluminum plant in ARAK city. Journal of Plant Process and Function 2016; 17(5): 83-94. [Persian]
 16. Sharma AP, and Tripathi BD. Biochemical responses in tree foliage exposed to coal-fired power plant emission in seasonally dry tropical environment. Environmental Monitoring and Assessment 2009; 158:197-212.
 17. Bamniya BR, Kapoor CS, Kapoor K, Kapasya, V. Harmful effects of air pollution on physiological activities of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. Clean Technologies and Environmental Policy 2011; 14(1):115-124.
 18. Maddah SM. The effects of air pollution on some morphological and physiological characteristics of *Platanus orientalis* L. leaves in Tehran. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research (Plant Sciences Research) 2016; 43(11): 66-75. [Persian]
 19. Aliahmad Koroori S. Proceedings of the study of the enzyme reaction to changes in environmental factors in forest trees. Research Institute of Forests and Rangelands Publication. 1999; P.333.
 20. Doğanlar ZB, Atmaca M. Influence of Airborne Pollution on Cd, Zn, Pb, Cu, and Al Accumulation and Physiological Parameters of Plant Leaves in Antakya (Turkey). Water Air Soil Pollution 2011; 214:509-523.
 21. Kapoor CS, Bamniya BR, Kapoor K. Natural and effective control of air pollution through plants-studies on a tree species: *Holoptelea integrifolia* L. Mitig Adapt Strateg Glob Change 2012; 17: 793-803.
 22. Salama HMH, Al-Rumaih MM, Al-Dosary MA. Effects of Riyadh cement industry pollutions on some physiological and

- morphological factors of *Datura innoxia* Mill. *Plant Saudi Journal of Biological Sciences* 2011; 18:227-237.
23. Kumar Rai P. Biodiversity of roadside plants and their response to air in an pollution Indo-Burma hotspot region: implications for urban ecosystem restoration. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* 2015; 9(1): 47-55.
 24. Govindaraju M, Ganeshkumar RS, Suganthi P, Muthukumaran VR, Visvanathan P. Impact assessment of air pollution stress on plant species through biochemical estimations. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 2010; 4: 784-787.
 25. Naidoo G, Chirkoot D. The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove. *Avicennia marina* in Richards bay, South Africa. *Environmental Pollution* 2004; 127:359-366.
 26. Giri S, Shrivastava D. Effect of air pollution on chlorophyll content of leaves. *Current Agriculture Research* 2013; 1(2): 93-98.
 27. Vallero D. *Fundamentals of air pollution*. 4th edition, academic press, Burlingfan 2008.
 28. Aji MM, Adamu AM, Borkoma MB. Determination of air pollution tolerance index of selected trees in selected locations in maiduguri. *Applied Research Journal* 2015; 1(7): 378-383.
 29. Bardasht F. Measurement of air pollution tolerance index and some physiological characteristics of several plant species planted in the industrial town of Yazd city. Thesis of Yazd University, 2022. [Persian]
 30. Shojaee Barjoe S, Azimzadeh HR, Mosleh Arani A. Tolerance of Plants to Air Pollution in the Industrial Complex of Glass, Khake-Chini, Tile and Ceramics in Ardakan, Iran. *Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*. 2020; 18:(1): 73-92.
 31. Enete I, Chukwudeluzu V, Okolie A. Evaluation of air pollution tolerance index of plants and ornamental shrubs in Enugu City: implications for urban heat island effect. *World Environment*. 2013; 3(3):108-15.
 32. Bakiyaraj R, Ayyappan D. Air pollution tolerance index of some terrestrial plants around an industrial area. *International Journal of Modern Research and Reviews*. 2014; 2(1):1-7.
 33. Achakzai K, Khalid S, Adrees M, Bibi A, Ali S, Nawaz R, et al. Air pollution tolerance index of plants around brick kilns in Rawalpindi, Pakistan. *Journal of environmental management*. 2017; 190:252-8.

34. Elloumi N, Mezghani I, Rouina B, Ben Abdallah F. A Comparative Study of Air Pollution Tolerance Index (APTI) of Some Fruit Plant Species Growing in the Industrial Area of Sfax, Tunisia. *Pollution*. 2018; 4(3):439-46.
35. Joshi OP, Pawar K, Wagela DK. Air quality monitoring of Indore city with special reference to SO₂ and tree barks pH. *J. Environ. Bio*. 1993; 14(2): 157-162.
36. Tripathi AK, Gautam. M. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. *Journal of Environmental Biology*. 2007; 28(1): 127-132.
37. Agbaire PO, Esiefarienrhe E. Air pollution tolerance indices (apti) of some plants around Otorogun gas plant in Delta State, Nigeria. *J Appl Sci Environ Manage*. 2009; 13(1): 11-14.
38. Maddah SM, Moraghebi F, Farhangian Kashani S, Afdideh F. Investigation of physiological responses and causes of resistance to (Robinia pseudoacacia L.) affected by air pollution in Tehran. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research (Plant Sciences Research)* 2015; 38(10): 48-56. [Persian]
39. Lichtenthaler H. Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 1987; 148: 251-282.
40. Arnon DI. Copper enzyme in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 1949; 24:1-15.
41. Aghdasi F. Study of geostatistical methods for mapping of precipitation in the daily and annual time scales (Case study: Borkhar plain). M.Sc. Thesis of Tehran university, 2003; P: 112. [Persian]
42. Farnia E, Ghorbani Kh, Salarijazi M. Evaluation of the Empirical Bayesian Kriging method in ground water level zoning. *J. of Water and Soil Conservation*, 2018; 25(1): 165-182. [Persian]
43. Bahrami Jovein E, Hosseini SM. A Systematic Comparison of Geostatistical Methods for Estimation of Groundwater Salinity in Desert Areas (Case study: Feyz AbadMahvelat Plain). *Iran-water resources research*. 2015; 11(2): 1-15. [Persian]
44. Sumangala H, Aswath C, Laxman R, Namratha M. Estimation of Air Pollution Tolerance Index (APTI) of selected ornamental tree species of Lalbagh, Bengaluru, India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018; 7(2):3894-8.
45. Ali A, El-Yemeni MN. Atmospheric air pollution effects

- on some exhibited plants at aljubail industrial city, Ksa. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2010; 4(6):1251-1263.
46. Woo S, Lee D, Lee Y. Net photosynthetic rate, ascorbat peroxidase and glutathion redcetase activities of *Erythrina orientalis* in polluted and non-polluted areas. Potosynthetica 2007; 45:293-295.
47. Singh SN, Verma A. Phytoremediation of air pollutanta: A review. In: Environmental Bioremediation Technology. 2007; 293-314.

Zoning of Leaf Chlorophyll Content of Tree Species (A Case study in Malayer City, Iran): An Indicator to Investigate Air Pollution in Urban Environments

Eisa Solgi^{*1}, Arezoo Soleimany², Vida Hatami³

1- Ph.D. Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

2- Ph.D. Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

3- BSc. Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

*Corresponding Authors: e.solgi@malayeru.ac.ir

Received: May 7, 2023

Accepted: Nov 11, 2023

ABSTRACT

Background and Aim: Air pollution is currently one of the most important environmental issues. The most common effect of air pollution on plants is the gradual decomposition of chlorophyll and leaf yellowing, which may result in the reduction of photosynthetic capacity. This study aimed to investigate the effect of air pollution on the chlorophyll content and zonation of leaf chlorophyll content of two tree species in Malayer city, Iran.

Materials and Methods: Samples were collected from two tree species, namely, *Platanus orientalis* and *Robinia pseudoacacia* in different parts of Malayer city, Iran (clean and polluted areas), each with three replications. The concentration of pigments in the leaves was measured by the Lichtenthaler (1987) method, which is the modified Arnon method (1949), at 663 and 645 nm wavelengths, absorbance being measured using a spectrophotometer.

Results: Data analysis showed that the a, b and total chlorophyll contents in the *acacia* tree species in the southern parts (southwest) of the study area reached their maximums, while their contents were lowest in the eastern and north-western parts and low to medium in the central parts of the study area. On the other hand, as regards the *sycamore* species, in the eastern and north-western parts of the study area the a, b, and total chlorophyll contents were the highest and reached their minimums in the south-western parts. However, as in the case of the *acacia* species, in the central parts of the study area the contents of the tree chlorophylls were low to medium.

Conclusion: The results of this study show that the a, b and total leaf chlorophyll contents of the two *acacia* and *plantain* species were higher in the polluted areas as compared to those in clean areas. On this basis, it can be said that a higher physiological index, such as an increased chlorophyll content, indicates the plant's response for resistance to air pollutants.

Keywords: Air Pollution, Sycamore, Acacia, Chlorophyll A, Chlorophyll B, Total Chlorophyll

Copyright © 2023 Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.