مقاله پژوهشی

اثر صدای ترافیک بر صفات فیزیولوژیک گیاه مریم‌گلی زینتی *Salvia splendens*

زهره حقیقی کفاش،[۱] شهرزاد خرم‌نژادیان*[۲]، علی‌اکبر قطبی‌راوندی[۳] و سمیه فرهنگ‌دهقان[۴]

[۱و۲] گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دماوند دماوند

[۳] گروه علوم و زیست فناوری گیاهی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۴] مرکز کنترل عوامل زیان‌آور محیط و کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۰۷)

چکیده

آلودگی صوتی ترافیک یکی از مهم‌ترین معضلات زیست محیطی در جوامع امروزی به‌ویژه شهرهای پرجمعیت در سراسر جهان است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر صدای ترافیک بر صفات فیزیولوژیک گیاه مریم‌گلی زینتی می‌باشد. گیاهان به دو گروه مساوی (شاهد و تیمار) تقسیم شدند و هر گروه تحت شرایط کنترل‌شده یکسان در دو اتاق رشد جداگانه به‌مدت دو ماه رشد کردند. صدای ترافیک در ساعات اوج ترافیک در شهر ثبت شد. تجزیه و تحلیل فرکانس بر روی نمونه‌ها در طی فرآیند ضبط انجام شد. گیاهان گروه مواجهه به‌مدت ۱۵ روز و روزانه ۱۶ ساعت در معرض صدای ترافیک قرار گرفتند، درحالی‌که گیاهان گروه شاهد در سکوت کامل قرار داده شدند. قرارگرفتن در معرض صدای ترافیک منجر به افزایش میزان کلسیم، محتوای پراکسید هیدروژن و به‌دنبال آن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در مقایسه با گروه شاهد گردید. از طرف دیگر صدای ترافیک به‌طور قابل توجهی سبب کاهش محتوای هورمون ایندول-۳-استیک اسید (IAA) و افزایش محتوای هورمون آبسیزیک اسید (ABA) گردید. براساس نتایج این مطالعه، صدای ترافیک با ایجاد آسیب اکسیداتیو و تداخل در تعادل هورمونی می‌تواند بر رشد و فیزیولوژی گیاه مریم‌گلی تأثیر منفی بگذارد.

واژه‌های کلیدی: آبسزیک اسید، اکسین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، صدای ترافیک، کلسیم، گیاه مریم‌گلی

مقدمه

امروزه با توجه به رشد روز افزون جمعیت و تعداد خودروها، آلودگی صوتی ناشی از عبور ترافیک و بحث بر اثرات این آلودگی و روش‌های مقابله با اثرات مخرب آن بر سلامت تمامی موجودات زنده، از اهمیت قابل توجهی برخوردار گردیده است. در این میان ازجمله مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش‌های کاهش این آلودگی، پس از کنترل در منبع صوت، ایجاد دیوارهای سبز و استفاده از پوشش گیاهی مناسب در محیط زیست است (Yang *et al.*, 2011). این درحالی است که در رویارویی با استرس‌های محیطی اکثر گیاهان به‌دلیل سکون و بی‌حرکتی خود همچون موجودات دیگر توانایی فرار از فشارهای ناشی از محیط طبیعی و انسان‌ها را ندارند. به عبارت دیگر محیط و سبک زندگی ساکن گیاهان سبب شده است تا در بسیاری موارد با شرایط محیطی سختی روبرو گردند. به همین دلیل در مقایسه با ارگانیسم‌های دیگر نسبت به محرک‌های محیطی اطرافشان بسیار حساس‌تر عمل می‌نمایند و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: khoramnezhadian@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

به شبکه سیگنال‌دهی منظم و قوی برای تنظیم فرآیندهای مختلف درطول رشدونمو و پاسخ به محرک‌های محیطی نیاز دارند. به‌طور مثال چندین هزار گونه گیاهی به صداهای موجود در طبیعت واکنش نشان می‌دهند و در هنگام گرده‌افشانی تنها در جهت فرکانس خاصی که زنبورعسل تولید می‌کند به انتشار گرده می‌پردازند (De Luca and Vallejo-Marin, 2013). از طرف دیگر گیاهان می‌توانند مابین ارتعاشات حاصل از حشرات گیاه‌خواری همچون کرم ابریشم و ارتعاشات ناشی از وزش باد تفکیک قائل شده و در مقابل حشرات گیاه‌خوار از سیستم دفاع شیمیایی خود استفاده نمایند که بیانگر نقش و اهمیت بالای امواج صوتی در سیستم دفاعی گیاهان است (Appel and Cocroft, 2014).

امواج صوتی شکلی از امواج مکانیکی طولی هستند که عموماً از به ارتعاش درآمدن جسمی در محیط‌های مادی ایجاد شده و به‌وسیله تغییر مداوم فشار هوا، از طریق نوسان ذرات محیط و انتقال این آشفتگی به یکدیگر منتشر می‌گردد. مطالعات اخیر نشان داده است که بین رفتار گیاه و صدا رابطه‌ای وجود دارد. بنابراین، مانند سایر محرک‌ها، امواج صوتی نیز به‌عنوان نوعی استرس محیطی به گیاهان شناخته می‌شوند که توانایی تغییر الگوهای رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهی را دارا هستند (Telewski, 2006). مطالعات اخیر مؤید این مطلب است که تنش‌های محیطی منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) از جمله رادیکال سوپراکسید (O_2^-)، رادیکال هیدروکسیل (OH) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌گردد. این درحالی است که تجمع ROS سبب صدمه به بافت‌های گیاهی و درنهایت مرگ سلولی می‌گردد. در این میان سیستم آنتی‌اکسیدانی کارآمدی در جهت خنثی‌نمودن تنش‌های اکسیداتیو در گیاهان وجود دارد که شامل فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی همچون پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و غیره بوده و سیستم دفاعی غیرآنزیمی نیز شامل آسکوربیک اسید (ویتامین C)، آلفاتوکوفرول (ویتامین E)، گلوتاتیون، کاروتنوئیدها و غیره هستند (Nasr, 2013).

آنزیم کاتالاز (CAT) در پروکسی‌زوم، میتوکندری و گلی‌اکسیزوم‌ها حضور داشته و توانایی خاموش‌سازی H_2O_2 تولیدشده را دارا است. آنزیم‌های پراکسیداز (POD) درون سلول در بیوسنتز لیگنین، تخریب IAA و تبدیل H_2O_2 به آب دخالت می‌کنند. آسکوربات پراکسیداز (APX) به‌عنوان آنزیم کلیدی در چرخه آسکوربات، در کلروپلاست‌ها و سیتوزول حضور دارد و به‌وسیله تبدیل اسید آسکوربیک به دهیدرو آسکوربات توانایی حذف پراکسیدها را دارا است (Zhou *et al*., 2010). نشان داده شده که قرارگرفتن گیاه در معرض امواج صوتی سبب تغییر بیان ژن‌های کاتالاز (CAT)، فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) پراکسیداز (POD) و آسکوربات پراکسیداز (APX) در گیاهان مختلف می‌گردد (Xiujuan *et al*., 2003; Safari *et al*., 2013). امواج صوتی با فرکانس و شدت‌های متفاوت بر روی مکانیسم‌های مختلف زیستی گیاه از جمله رشد، تقسیم سلولی، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، میزان کلسیم، قند، محتوای ATP، محتوی هورمونی گیاهان اثرات گوناگونی می‌گذارند (Choudhury *et al*., 2017). در مقابله با تنش‌های محیطی هورمون‌های گیاهی نقش مهمی را در رشدونمو گیاهان ایفا می‌نمایند. گزارشات اندکی نشان‌دهنده تغییرات خاص هورمون‌های گیاهی در معرض امواج صوتی در گیاهان مختلف است (Joshi *et al*., 2019). از طرفی دیگر داده‌ها حاکی از آن است که امواج صوتی می‌تواند به شکل دوسویه‌ای رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. به‌طور مثال اگر چه رشد گیاهان گلخانه‌ای تحت تأثیر نوعی صدای موسیقی افزایش یابد. صداهای آزاردهنده توانایی ایجاد اثرات مخربی همچون اختلال و کاهش رشد را بر روی گیاه دارا هستند (Alavijeh *et al*., 2016). این اثرات با توجه به فرکانس و فاصله از منبع صوت می‌تواند تغییرات قابل توجهی داشته باشد (Vanol and Vaidya, 2014).

با وجود آن‌که مقیاس بالقوه‌ای از سراسر جهان در معرض صدای ترافیک قرار دارند، اما اطلاعات کمی از تأثیر این شرایط صوتی اکولوژیکی جدید و پرمخاطره بر موجودات زنده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

به‌ویژه پوشش گیاهی در معرض شناخته شده است. از طرف دیگر با وجود آن‌که گیاهان زینتی بخش بزرگی از محصولات مهم اقتصادی را شامل می‌شوند، اما مطالعات انجام‌شده بر روی این دسته از گیاهان در ارتباط با انواع تنش‌های محیطی بسیار ناچیز است (Chylinski *et al.*, 2007). از طرف دیگر، نشان داده شده که صدای ترافیک می‌تواند سبب تقویت سیستم ایمنی گیاه گردد؛ این امر سبب اجتناب از بسیاری از مشکلات مرتبط با آلودگی محیط زیست و کاهش هزینه‌های اقتصادی حاصل از نگهداری، آبیاری، کودهای شیمیایی و علف‌کش‌ها می‌گردد. این یافته‌ها بر وجود نیاز ضروری درک هر چه بهتر نقش اکولوژیکی صدا و عواقب آلودگی صوتی بر روی گیاهان تأکید می‌نماید. به همین دلیل در تحقیق حاضر برای نخستین بار به بررسی اثرات صدای ترافیک بر روی محتوای پراکسید هیدروژن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، کلسیم و سطح هورمون‌های اکسین و آبسزیک اسید در گیاه مریم‌گلی زینتی که علاوه بر کاربری زینتی دارای ارزش دارویی ارزشمندی نیز است، پرداخته شد. تا با داشتن تصویری روشن از اثرات آلودگی صوتی به‌ویژه صدای ترافیک بتوان کمک شایانی به برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در جهت حفظ و نگهداری پوشش گیاهی در معرض نمود. در عین‌حال تا کنون در منطقه هیچ تحقیقی به بررسی اثرات زیستی و فیزیولوژیکی صدای ترافیک بر روی پوشش گیاهی شهر تهران صورت نگرفته است که به‌نوبه خود ضرورت این تحقیق را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، شرایط رشد و اعمال صدای ترافیک: این پژوهش در شرایط آزمایشگاهی و کنترل‌شده برای بررسی اثرات صدای ترافیک روزانه بر روی برخی شاخصه‌های فیزیولوژیکی مریم‌گلی زینتی، که یک گونه گیاهی رایج فضای سبز شهری است، مریم‌گلی زینتی (*Salvia splendens*) گونه‌ای رایج از گل‌های یک ساله بهاره و تابستانه با پراکنش وسیع در پوشش فضای سبز شهری است؛ که علاوه بر کاربرد زینتی، دارای خواص دارویی ارزشمندی همچون ضدتشنج، تب بر، مسکن اعصاب و دردهای گوارشی، تقویت‌کننده حافظه، کاهش‌دهنده فشارخون و قند خون نیز می‌باشد.

گیاهان مریم‌گلی زینتی در ۷۰ گلدان به قطر ۵ سانتی‌متر درون اتاقک رشد گیاهی در شرایط کنترل‌شده جدول ۱ رشد داده شد. سپس در مرحله ۸ برگی، گیاهان به دو گروه (کنترل و تیمار صدای ترافیک) تقسیم و گروه تیمار به‌مدت ۱۵ روز و هر روز ۱۶ ساعت در معرض صدای ترافیک قرار گرفتند (شکل ۱). این در حالی بود که گروه دیگر (شاهد) در شرایط یکسان و در سکوت قرار گرفت. نمونه‌ها از جوان‌ترین برگ‌هایی که در طول تنش رشد کرده بودند؛ جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است که نمونه‌گیری به‌طور هم‌زمان از گیاهان تیمارشده با تنش صدای ترافیک و شاهد صورت پذیرفت.

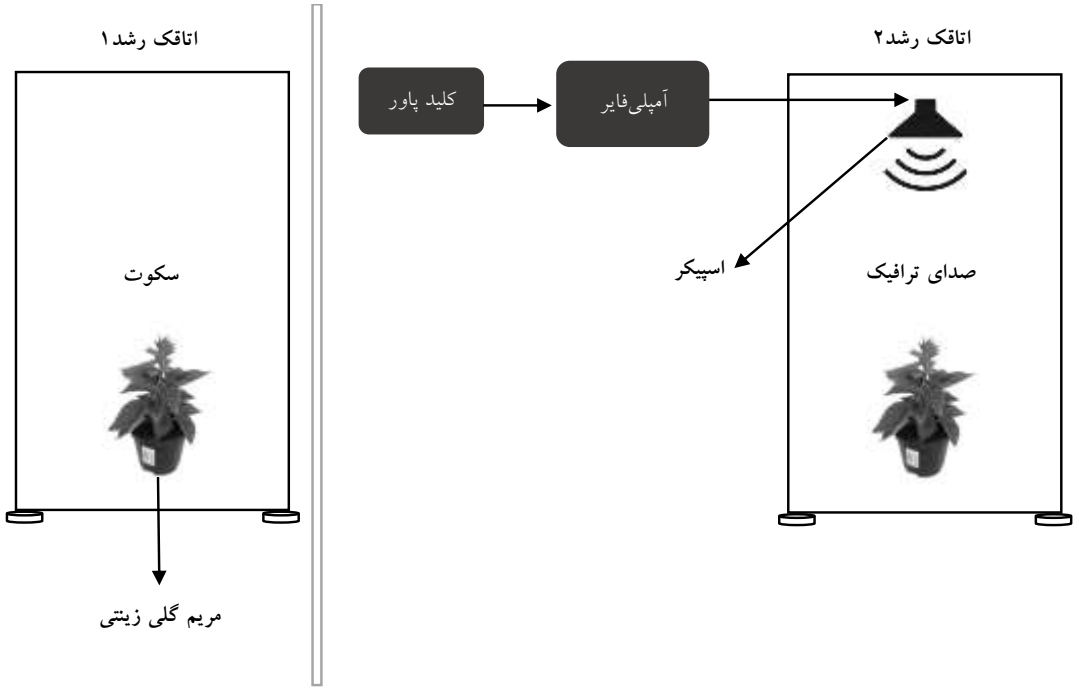
جهت تعیین میزان مواجهه گیاهان با صدای ترافیک، اندازه‌گیری صدا در پنج نقطه از منطقه مورد مطالعه در شش روز اول هفته در بازه‌های زمانی معین اوج ترافیک (ساعت ۷ صبح تا ۲۲ شب) صورت پذیرفت (Naddafi *et al.*, 2008). شکل صدای ترافیک که توسط دستگاه ضبط و پخش سونی مدل ICD-SX2000 ضبط شد در شکل ۲ نشان داده شده است. به‌منظور اندازه‌گیری صدا، از دستگاه آنالیزدار مدل CEL-450/490 ساخت شرکت Casella-CEL انگلستان با قابلیت ثبت مداوم اطلاعات استفاده شد. برای اطمینان از صحت اندازه‌گیری توسط دستگاه صداسنج، از کالیبراتور مدل CEL-110/1 استفاده شد. لازم به ذکر است که صداسنج قبل از شروع اندازه‌گیری و در پایان اندازه‌گیری، کالیبره می‌شد. ارتفاع استاندارد از سطح زمین برای اندازه‌گیری صدا، ۰/۵ متر تا ۰/۸ متر و برای ممانعت از انعکاس صدا، تا حد امکان از موانع جانبی منعکس‌کننده فاصله گرفته شد. همچنین از شرایط اندازه‌گیری صدا، سنجش در جهت وزش باد و اندازه‌گیری در شرایط خشک و باد کم بود. به‌منظور حذف اثر جریان هوا بر روی میکروفون صداسنج، از محافظ اسفنجی استفاده شد. صداسنج در هر ایستگاه اندازه‌گیری، بر روی شبکه توزین بسامد A و سرعت پاسخ fast تنظیم شد. مدت زمان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

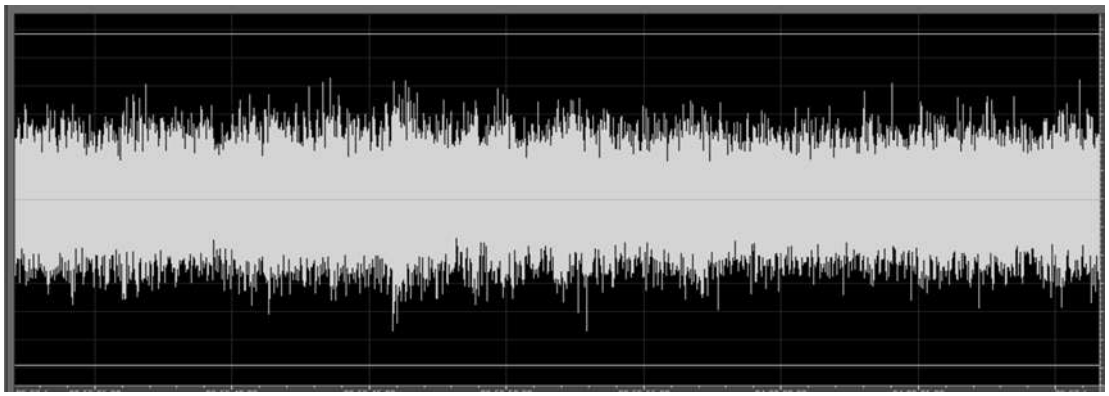
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

جدول ۱- شرایط کنترل‌شده گیاه شامل روشنایی، دما، رطوبت، شدت نور و نحوه آبیاری در طول اجرای آزمایش

شرایط آزمایش	روشنایی	تاریکی	دمای روز	دمای شب	رطوبت	شدت نور	آبیاری
	(h)		(c°)		(٪)	($\mu.s^{-1}mol.m^{-2}$)	(٪)
	۱۶	۸	۲۵±۱	۲۰±۱	۴۷±۳	۵۰۰	۷۰ درصد ظرفیت نگهداری آب خاک



شکل ۱- شکل شماتیک از موقعیت و شرایط آزمایش



شکل ۲- تصویر صدای ترافیک ضبط‌شده توسط دستگاه ضبط صوت سونی مدل ICD-SX2000 و در نرم‌افزار Cool Editor Pro 2.1

اندازه‌گیری در هر ایستگاه ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد (Alimohammadi *et al.*, 2013). آنالیز طیف فرکانس‌های مرکزی یک اوکتاوباند صدای ترافیک اندازه‌گیری شده در شبکه خطی Z در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین تراز معادل صدای بدست آمده تقریباً برابر با ۷۳ دسی‌بل بود.

اندازه‌گیری میزان پراکسید هیدروژن: محتوای پراکسید هیدروژن (H_2O_2) برگ طبق روش (Velikova *et al.*, 2000) تعیین شد. به این منظور، ۲۰۰ میلی‌گرم بافت تازه برگی با ۳

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

جدول ۲- آنالیز طیف فرکانس‌های مرکزی یک اوکتاو باند در شبکه خطی Z

فرکانس (هرتز)	۸۰۰۰	٤۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵	٦٤	۳۲
تراز فشار صوت (دسی‌بل)	۵۵	۵٦/۲	٦٦/۹	۷۳/۱	۷٦/۹	۷۸/۵	۷٦/۲	۵۲/۹	۵٤/۳

میلی‌لیتر تری‌کلرو استیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد ساییده و به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Mini-G, IKA, USA) شد. ۵۰۰ میکرولیتر از روشناور به ۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات (با اسیدیته ۷) و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم (KI) ۱ مولار اضافه شد. جذب در طول‌موج ۳۹۰ نانومتر خوانده و با ضریب خاموشی ۰/۲۸ براساس منحنی استاندارد H_2O_2 در محدوده صفر تا ۵۰ نانومول و برحسب نانومول بر گرم وزن تر محاسبه شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی: به‌منظور تهیه عصاره آنزیمی، مقدار ۰/۵ گرم بافت تازه برگ پودرشده به‌همراه ۳۰ میلی‌گرم پلی‌وینیل پیرولیدین (PVP) و۲ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم (شامل فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار و سدیم متابای سولفیت یک میلی‌مولار، pH = ۷) هموژن گردید. مخلوط حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سلسیوس با دور ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. روشناور، پس از تعیین غلظت به روش (Bradford, 1976) جهت اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان استفاده شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز به روش (Chance and Maehly, 1955) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا ۲۵۰ ماکرولیتر از بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار به‌همراه ۵۰۰ ماکرولیتر آب مقطر استریل و ۲۵۰ ماکرولیتر از پراکسید هیدروژن ۷۰ میلی‌مولار (محلول در بافر فسفات پتاسیم) را درون یک کووت کوارتز ۱ میلی‌لیتری ریخته و در طول‌موج ۲٤۰ نانومتر به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سپس ۲۰ ماکرولیتر از عصاره آنزیمی استخراج‌شده (هر تکرار به‌صورت جداگانه) به سل حاوی محلول فوق اضافه شده و منحنی فعالیت آنزیم کاتالاز در مدت زمان ۱۸۰ ثانیه برحسب جذب در دقیقه ترسیم شد. فعالیت آنزیم به‌صورت تعداد میکرومول H_2O_2 در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین گزارش شد.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به روش (Nakano and Asada, 1987) اندازه‌گیری شد. در ابتدا ۸۵۰ ماکرولیتر از آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار (محلول در بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار) به‌همراه ۱۵۰ ماکرولیتر پراکسید هیدروژن ۲ میلی‌مولار (محلول در آب‌مقطر دو بار تقطیر) به یک کووت کوارتز یک میلی‌لیتری اضافه شده و به‌عنوان شاهد اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر بکار رفت. سپس ۲۰ ماکرولیتر از عصاره آنزیمی استخراج‌شده (هر تکرار به‌صورت جداگانه) به مخلوط واکنش فوق اضافه شد و فعالیت آنزیم آسکوربات پر اکسیداز در مدت زمان ۱۸۰ ثانیه و برحسب جذب در دقیقه ترسیم شد. فعالیت ویژه آنزیم آسکوربات پراکسیداز به‌صورت تعداد میکرومول H_2O_2 تجزیه‌شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد.

به‌منظور اندازه گیری فعالیت پراکسیداز از روش (Hagar *et al.*, 1996) استفاده گردید. ابتدا ۲۵۰ ماکرولیتر از بافر فسفات پتاسیم به ۲۵۰ ماکرولیتر گایاکول ۱۰ میلی‌مولار (محلول در آب دو بار تقطیر) و ۳٤ ماکرولیتر از پراکسید هیدروژن ۷۰ میلی‌مولار (محلول در بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار) و ٤٦۷ ماکرولیتر آب‌مقطر استریل‌شده اضافه شد. از این مخلوط به‌عنوان شاهد در دستگاه اسپکتروفتومتر (UV2100, Unico, USA) استفاده شد. سپس ۲۰ ماکرولیتر از عصاره آنزیمی استخراج‌شده (هر تکرار به‌صورت جداگانه) به این مخلوط واکنش اضافه شده و فعالیت آنزیم پراکسیداز در مدت زمان ۱۸۰ ثانیه و در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر خوانده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌صورت تعداد میکرومول H_2O_2 در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین گزارش شد.

اندازه‌گیری میزان عنصر کلسیم: برای اندازه‌گیری کلسیم در بافت برگ در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت خشک شدند. عناصر معدنی پس از هضم در ترکیب اسیدی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

HNO_3-$HClO_4$ (نسبت حجمی ۲ به ۱) با دستگاه ICP-AES (1500, Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy, Agilent, United State) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان هورمون‌های اکسین و آبسزیک‌اسید: استخراج هورمون‌ها براساس روش (Michalak *et al.*, 2016) انجام گرفت. اندازه‌گیری میزان هورمون‌های اکسین و آبسزیک اسید براساس روش (Gorka and Wieczorek, 2017) با استفاده از دستگاه HPLC (1000, UV detector 2500 Pump, Knauer, Germny) صورت پذیرفت.

تیمارها در ۹ تکرار و بررسی نتایج حاصل از آزمایش براساس شاخص میانگین ± انحراف معیار انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از پژوهش، از نرم‌افزارهای آماری SPSSv22 و Excel استفاده شد. مقایسه بین تیمارها و شاهد براساس آزمون t نمونه‌های مستقل در سطح احتمال (P<۰/۰۱) و (P<۰/۰۵) تعیین گردید. رسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

محتوای پراکسید هیدروژن و به تبع آن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در معرض صدای ترافیک در مقایسه با گروه شاهد افزایش معناداری در سطح احتمال P<۰/۰۱ نشان دادند (جدول ۳). تیمار صدای ترافیک سبب افزایش ۱۱۱/۱۷ درصدی محتوای پراکسید هیدروژن، ۱۸۵/۰۵ درصدی آنزیم کاتالاز، ۹۵/۵۷ درصدی آنزیم پراکسیداز، ۱۴۱/۳۳ درصدی آنزیم آسکوربات پراکسیداز در مقایسه با گروه شاهد گردید.

انواع تنش‌های محیطی منجر به بروز تنش اکسیداتیو، افزایش تجمع رادیکال‌های آزاد و گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) شامل رادیکال سوپراکسید (O_2^-) پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH) در گیاهان می‌گردد. پراکسید هیدروژن از یک سو می‌تواند به‌عنوان مولکول سیگنال در ترارسانی پیام در پاسخ به گستره‌ای از عوامل محیطی نقش داشته باشد (Chen *et al.*, 2008). اما از سوی دیگر توانایی اثر بر روی مولکول‌های زیستی (پروتئین، DNA و لیپیدها) را داشته و منجر به آسیب به سلول گیاهی و درنهایت مرگ سلولی گردد (Krishnamurthy and Rathinasabapathi, 2013). پراکسید هیدروژن به‌علت طول عمر و میزان تجمع بالا، به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن در سلول‌های گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل H_2O_2 به‌عنوان یک گونه فعال نسبتاً پایدار اکسیژن، علاوه بر داشتن اثرات سمی در سطح سلولی، توانایی انتشار در غشاءهای بیولوژیکی و ایجاد صدمات شدید به متابولیسم گیاه، تحت شرایط تنش را دارا است. در شرایط تنش اکسیداتیو، گیاه نیازمند حفظ موازنه تولید و خاموش‌سازی گونه‌های اکسیژن فعال است تا از شدت خسارات احتمالی به مولکول‌های زیستی و اختلالات متابولیسمی کاسته شود (Pal *et al.*, 2020). برقراری این تعادل به‌عنوان نخستین پاسخ دفاعی سلول نسبت به تنش اکسیداتیو، با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی گیاه شامل آسکوربیک اسید (ویتامین C)، آلفاتوکوفرول (ویتامین E)، گلوتاتیون، کاروتنوئیدها و سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی شامل پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز همراه است (Rasoulnia *et al.*, 2013).

کاتالاز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های جمع‌آوری‌کننده پراکسید هیدروژن به شمار می‌آید. طی مواجهه با صدای ترافیک، به دلیل القاء تنش اکسیداتیو و ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن از جمله H_2O_2 فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت. پراکسیداز نیز از دیگر آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی بوده که در هنگام تنش میزان آن افزایش می‌یابد. پراکسیدازها نقش کلیدی را در سم‌زدایی H_2O_2 و حفظ ثبات و پایداری دیواره سلولی گیاه ایفا می‌نمایند (Pakzad *et al.*, 2019).

مطابق با یافته‌های این تحقیق، Wei و همکاران (۲۰۱۲) افزایش میزان H_2O_2 و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را در گل ارکیده (*Dendrobium officinale*) و در معرض امواج اولتراسوند گزارش کردند. از طرفی Xiujuan و همکاران (۲۰۰۳) نیز افزایش آنزیم‌ها کاتالاز و پراکسیداز را در معرض امواج صوتی ۱۰۰ دسی‌بل و فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در گیاه گل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

جدول ۳- اثر صدای ترافیک بر محتوای پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در گیاه مریم‌گلی زینتی (مقادیر میانگین ۹ تکرار± انحراف معیار)

گروه مورد مطالعه	کاتالاز	پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	پراکسید هیدروژن
	(تعداد واحدهای آنزیم در میلی‌گرم پروتئین)			(نانومول بر گرم وزن تر)
شاهد	۲٤/۸۵±۲/۸	۱۰/۷۱ ± ۱/۷	۲/۳٤ ± ۰/٦	٥۹/۷٦ ± ٥/۳
صدای ترافیک	۷۰/۸٥±۳/۷**	۲۰/۹٦ ± ۰/۹**	٥/٦٦ ± ۱/۱**	۱۲٦/۱۹٥ ± ٤/۹**

* و** به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال یک و پنج درصد

داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) گزارش نمودند. در مطالعه‌ای که توسط Safari و همکاران (۲۰۱۳) صورت پذیرفت فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در گیاه فندق (*Corylus avellana* L.) تحت تأثیر شدت پایین فراصوت (low-intensity ultrasound) (فرکانس ۲۹ کیلوهرتز) افزایش یافت. Li و همکاران (۲۰۰۸) افزایش H_2O_2 و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی همچون کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز را در گیاه ارکیده (*Dendrobium candidum*) را تحت تأثیر امواج صوتی ۱۰۰ دسی‌بل و فرکانس ۱۰۰۰ هرتز گزارش کردند. افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدان در کیوی (*Actinidia chinensis*) در معرض امواج صوتی نیز گزارش گردیده است (Yi *et al.*, 2003).

نتایج مطالعه حاضر بیانگر این است که محتوی عنصر کلسیم در معرض صدای ترافیک در مقایسه با گروه شاهد افزایش معناداری در سطح احتمال P<۰/۰۱ نشان داده و نسبت به شاهد به میزان ۲۱/۹۷ درصد افزایش می‌یابد (شکل ۳).

کلسیم یکی از عناصر غذایی ضروری گیاه به شمار می‌رود و نقش مهمی در تنظیم رشدونمو گیاه ایفا می‌نماید. کاتیون کلسیم به‌عنوان یک کاتیون دو ظرفیتی (Ca^{+2}) در ساختار دیواره و غشای سلول، یک کاتیون متقابل برای آنیون‌های آلی و غیرآلی درون واکوئل محسوب می‌گردد. از طرفی دیگر با توجه به جایگاه کلسیم به‌عنوان پیام‌رسانی ثانویه نقش اساسی را در پاسخ و سازگاری به شرایط محیطی ایفا می‌نماید (Tang *et al.*, 2020). به همین دلیل می‌توان اثر مثبت کلسیم در بهبود مقاومت به تنش‌های غیرزیستی، تنظیم فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی، انباشت اسمولیت‌ها، بهبود محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی نسبت داد (Sanders *et al.*, 2002). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، Alavijeh و همکاران (۲۰۱٦) افزایش میزان کلسیم را در گیاه لوبیای چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) را تحت امواج صوتی متفاوت گزارش نمودند. همچنین Yiyao و همکاران (۲۰۰۲) افزایش سطح کلسیم کالوس گل داوودی (*Chrysanthemum*) را در معرض موج صوتی تراز فشار ۱۰۰ دسی‌بل و فرکانس ۸۰۰ هرتز گزارش کردند (Yiyao *et al.*, 2002).

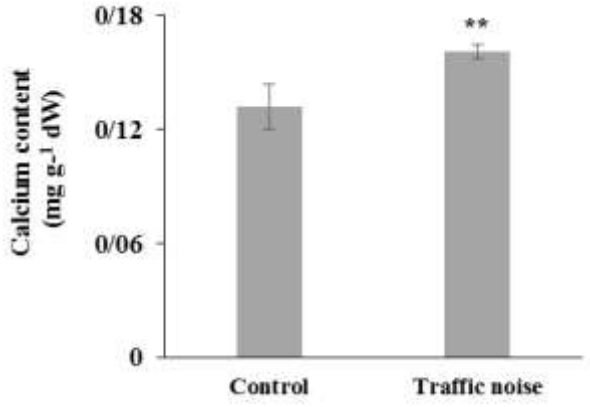
صدای ترافیک سبب کاهش معنادار هورمون ایندول-۳ استیک اسید و افزایش معنادار سطح آبسزیک اسید (P<۰/۰۱) در گیاه مریم‌گلی زینتی و در مقایسه با شاهد گردید (شکل ٤). در پاسخ به صدای ترافیک، کاهش ٤۰/۲٦ درصدی ایندول ۳ استیک اسید و افزایش قابل توجه ۹۱۱/۸۳ درصد در محتوی آبسزیک اسید مشاهده گردید.

در مواجهه با تنش‌های محیطی، هورمون‌های گیاهی نقش مهم و کلیدی را در تنظیم و کنترل رشدونمو گیاهان ایفا می‌نمایند (Schopfer, 2006). به عبارتی هورمون‌های گیاهی با دخالت در مسیرهای ترارسانی علامت، عملکرد سریعی از خود نشان می‌دهند و با تنظیم پاسخ‌های متفاوت منجر به سازگاری و بقاء گیاه در شرایط تنش می‌گردند (Kaya *et al.*, 2018). این در حالی است که تا کنون مطالعات اندکی از بررسی تغییرات سطح هورمون‌ها در معرض امواج صوتی در دسترس است.

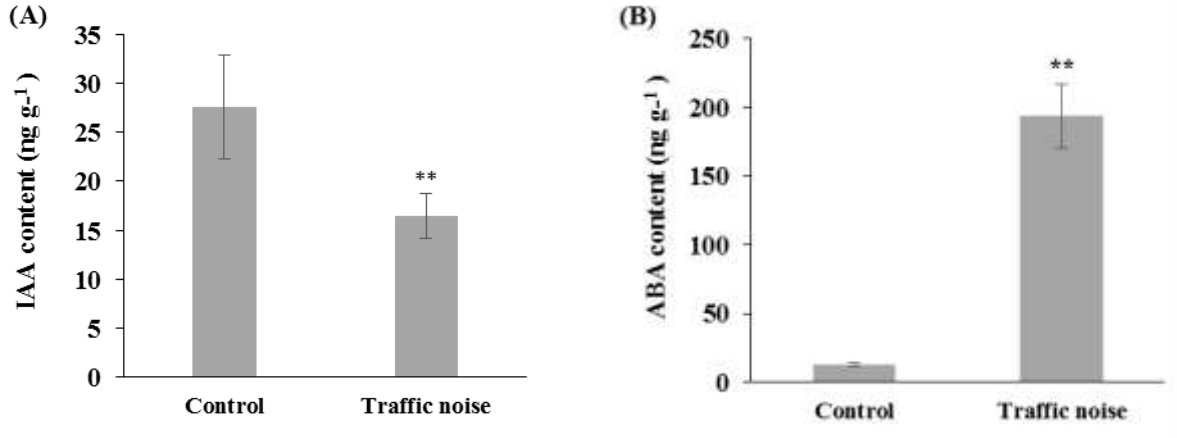
هورمون ایندول-۳- استیک اسید (IAA)، اکسین اصلی تولیدی در گیاهان شناخته شده است که سبب افزایش تقسیم سلولی، طویل‌شدن کلئوپتیل، رشد و توسعه برگ، گسترش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]



شکل ۳- اثر صدای ترافیک بر محتوای کلسیم در گیاه مریم‌گلی زینتی (مقادیر میانگین ۹ تکرار± انحراف معیار، ** معنی‌دار در سطح ۱٪)



شکل ٤- اثر صدای ترافیک بر محتوای هورمون ایندول-۳ -استیک اسید (A) و آبسزیک اسید (B) در گیاه مریم‌گلی زینتی (مقادیر میانگین ۹ تکرار± انحراف معیار، ** معنی‌دار در سطح ۱٪)

آوندها، غالبیت مریستم‌های انتهایی، رشد ریشه، تشکیل میوه می‌گردد. از طرفی ایندول-۳ استیک اسید در پاسخ گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش به‌سزایی را ایفا می‌نماید (Khorrami *et al*., 2020). مطابق با نتایج این مطالعه Wei و همکاران (۲۰۱۲) تغییر میزان سیتوکنین‌ها و اکسین گل ارکیده (*Dendrobium officinale*) را در معرض امواج اولتراسوند گزارش کردند. Liu و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از یک مولد تحریک صدا (Sound Stimulation Generator) کاهش محتوای اکسین گیاه خیار (*Cucumis sativus*) را در اثر افزایش فرکانس صوتی اظهار داشتند که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت. Yiyao و همکاران (۲۰۰۲) نیز تغییرات آنزیم ایندول-۳ استیک اسید اکسیداز و محتوای اکسین گل داوودی را در معرض امواج صوتی (۱۰۰ دسی‌بل و ۸۰۰ هرتز) مشاهده کردند که بر روند رشد گیاه تأثیرگذار بود. از آنجا که اکسین‌ها تقریباً علاوه بر دخالت در تمامی مراحل رشد گیاه نقش کلیدی را نیز در تنظیم تقسیم سلولی ایفا می‌نمایند (Benjamins and Scheres, 2008)، کاهش غلظت ایندول-۳ استیک اسید تحت تنش را می‌توان از علل کاهش رشد و تغییر در توسعه ساختارهای آناتومی گیاهان در معرض صدای ترافیک دانست که ممکن است به‌علت کاهش بیوسنتز آن‌ها یا احتمالاً افزایش فعالیت آنزیم اکسین اکسیداز باشد.

هورمون آبسزیک اسید از مهم‌ترین بازدارنده‌های رشد است که به‌طور گسترده در گیاهان وجود دارد و فرآیندهایی همچون رکود بذرها، جوانه‌ها، ریزش برگ‌ها را کنترل و تنظیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

می‌نماید (Lamarque *et al*., 2019; Hoffmann-Benning and Kende, 1992). مطالعات اخیر بیانگر این است که هورمون آبسزیک اسید هورمون تنشی است که نقش کلیدی را در پاسخ و سازگاری‌های گیاه به محیط‌های تحت تنش ایفا می‌نماید (Pieterse *et al*., 2012). به عبارت دیگر آبسزیک اسید به‌عنوان یک واسطه در واکنش‌پذیری گیاه به محرک‌های محیطی، عمل می‌نماید و غلظت آن در هنگام تنش‌های مکانیکی و شرایط نامساعد افزایش می‌یابد (Lovelli *et al*., 2012). این در حالی است که در بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیکی تغییرات هورمون آبسزیک اسید با هورمون‌های اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رابطه متقابل و معکوسی دارد (Peleg and Blumwald, 2011). مطابق با نتایج این پژوهش Bochu و همکاران (۲۰۰٤) افزایش هورمون آبسزیک اسید را در کالوس گل داوودی را در معرض موج صوتی (۹۵ دسی‌بل و ۱٤۰۰ هرتز) گزارش کردند. Meng و همکاران (۲۰۱۲) تحریک و تغییر محتوای کلروفیل و هورمون‌های گیاهی درون‌زا ایندول-۳ استیک اسید، جیبرلیک اسید، زئاتین و آبسزیک اسید را در گیاه گوجه‌فرنگی را در معرض PAFT (Plant Acoustic Frequency Technology) گزارش کردند. Alavijeh و همکاران (۲۰۱٦) نیز تغییر محتوای هورمون‌های اکسین، جیبرلیک اسید و افزایش آبسزیک اسید را در گیاه لوبیای چشم‌بلبلی را در معرض موسیقی‌های گوناگون گزارش کردند. به همین دلیل از نتایج مطالعه حاضر، می‌توان این گونه نتیجه گرفت که در شرایط تنش صدای ترافیک؛ به دلیل وجود تنش و استمرار آن، میزان تجمع آبسزیک اسید به‌طور معناداری افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده آن است که در پی اعمال تنش صدای ترافیک، سبب القاء تنش اکسیداتیو در گیاه مریم‌گلی زینتی می‌شود که این امر منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز می‌گردد. به‌طور کلی صدای ترافیک با ایجاد آسیب اکسیداتیو و تداخل در تعادل هورمونی می‌تواند بر رشد و فیزیولوژی گیاهان تأثیر منفی بگذارد.

شایان ذکر است که این یافته‌ها بر وجود نیاز ضروری بر درک هر چه بهتر نقش اکولوژیکی صدای ترافیک و عواقب آلودگی صوتی بر روی گیاهان تأکید می‌کند با این حال در جهت نتیجه‌گیری و تفسیر شفاف‌تر در ارتباط با اثرات صدای ترافیک بر روی رشدونمو و طول عمر گیاهان تحقیقات گسترده‌تری توصیه می‌گردد، تا با در دست‌داشتن هر چه بیشتر تصویری روشن از اثرات آلودگی صوتی بتوان کمک شایانی به برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در جهت حفظ و نگهداری پوشش گیاهی در معرض نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از آقای دکتر محمدرضا منظم اسماعیل‌پور استاد دانشکده بهداشت دانشگاه تهران، خانم دکتر آتوسا علی احمدی استادیار پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی برای راهنمایی‌های ارزشمندشان و خانم مهندس شیری مسئول آزمایشگاه بهداشت محیط دانشگاه تهران در جهت انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع

Alavijeh, R. Z., Sadeghipour, O., Riahi, H. and Dinparvar, S. V. (2016) The effect of sound and music on some physiological and biochemical traits, leaf nutrient concentration and grain yield of cowpea. IIOAB Journal 7: 447-458.

Alimohammadi, I., Soltani, R., Sandrock, S., Azkhosh, M. and Gohari, M. R. (2013) The effects of road traffic noise on mental performance. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering 10: 18-25.

Appel, H. M. and Cocroft, R. B. (2014) Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing. Oecologia 175: 1257-1266.

Benjamins, R. and Scheres, B. (2008) Auxin: The looping star in plant development. Annual Review of Plant Biology 59: 443-465.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

Bochu, W., Jiping, S., Biao, L., Jie, L. and Chuanren, D. (2004) Soundwave stimulation triggers the content change of the endogenous hormone of the Chrysanthemum mature callus. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 37: 107-112.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Chance, B. and Maehly, A. (1955) Assay of catalases and peroxidases. Methods in Enzymology 2: 764-775.

Chen, B., Huang, J., Wang, J. and Huang, L. (2008) Ultrasound effects on the antioxidative defense systems of *Porphyridium cruentum*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 61: 88-92.

Chylinski, W. K., Lukaszewska, A. J. and Kutnik, K. (2007) Drought response of two bedding plants. Acta Physiologiae Plantarum 29: 399-406.

Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E. and Mittler, R. (2017) Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. The Plant Journal 90: 856-867.

De Luca, P. A. and Vallejo-Marin, M. (2013) What's the 'buzz'about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. Current Opinion in Plant Biology 16: 429-435.

Gorka, B. and Wieczorek, P. P. (2017) Simultaneous determination of nine phytohormones in seaweed and algae extracts by HPLC-PDA. Journal of Chromatography B 10: 32-39.

Hagar, H., Ueda, N. and Shah, S. V. (1996) Role of reactive oxygen metabolites in DNA damage and cell death in chemical hypoxic injury to LLC-PK1 cells. American Journal of Physiology-Renal Physiology 271: 209-215.

Hoffmann-Benning, S. and Kende, H. (1992) On the role of abscisic acid and gibberellin in the regulation of growth in rice. Plant Physiology 99: 1156-1161.

Joshi, N., Nautiyal, P., Papnai, G., Supyal, V. and Singh, K. (2019) Render a sound dose: Effects of implementing acoustic frequencies on plants' physiology, biochemistry and genetic makeup. International Journal of Chemical Studies (IJCS) 7: 2668-2678.

Kaya, C., Akram, N. A. and Ashraf, M. (2018) Kinetin and indole acetic acid promote antioxidant defense system and reduce oxidative stress in maize (*Zea mays* L.) plants grown at boron toxicity. Journal of Plant Growth Regulation 37: 1258-1266.

Khorrami, S. K., Jamei, R., Darvishzadeh, R. and Hosseini, S. (2020) Effect of salinity stress on hormones of auxin, gibberellin, physiological, morphological and anatomical characteristics of *Hibiscus escolentus* L. Iranian Journal of Plant Biology 11: 67-82.

Krishnamurthy, A. and Rathinasabapathi, B. (2013) Oxidative stress tolerance in plants: Novel interplay between auxin and reactive oxygen species signaling. Plant Signaling and Behavior 8: 257-261.

Lamarque, L. J., Delzon, S., Toups, H., Gravel, A., Corso, D., Badel, E. and Gambetta, G. A. (2019) Over-accumulation of abscisic acid in transgenic tomato plants increases the risk of hydraulic failure. Plant, Cell and Environment 43: 548-562.

Liu, Y., Schiff, M. and Dinesh-Kumar, S. P. (2002) Virus-induced gene silencing in tomato. The Plant Journal 31: 777-786.

Li, B., Wei, J., Wei, X., Tang, K., Liang, Y., Shu, K. and Wang, B. (2008) Effect of sound wave stress on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation of *Dendrobium candidum*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 63: 269-275.

Lovelli, S., Scopa, A., Perniola, M., Di Tommaso, T. and Sofo, A. (2012) Abscisic acid root and leaf concentration in relation to biomass partitioning in salinized tomato plants. Journal of Plant Physiology 169: 226-233.

Meng, Q., Zhou, Q., Zheng, S. and Gao, Y. (2012) Responses on photosynthesis and variable chlorophyll fluorescence of Fragaria ananassa under sound wave. Energy Procedia 16: 346-352.

Michalak, I., Gorka, B., Wieczorek, P. P., Roj, E., Lipok ,J., Leska, B. and Dobrzynska-Inger, A. (2016) Supercritical fluid extraction of algae enhances levels of biologically active compounds promoting plant growth. European Journal of Phycology 51: 243-252.

Naddafi, K., Yunesian, M., Mesdaghinia, A., Mahvi, A. and Asgari, A. (2008) Noise Pollution in Zanjan Cityin 2007. Journal of Zanjan University of Medical Sciences and Health Services 16: 85-96.

Nakano, Y. and Asada, K. (1987) Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplasts; its inactivation in ascorbate-depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical. Plant and Cell Physiology 28: 131-140.

NASR, E. M. (2013) Effect of dry stress on growth and antioxidant system in three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Iranian Journal of Plant Biology 5: 111-124.

Pakzad, R., Fatehi, F., Kalantar, M. and Maleki, M. (2019) Evaluating the antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proteomic profile changing in UCB-1 pistachio rootstock leaf under drought stress. Scientia Horticulturae 256: 108617.

Pal, R., Mahajan, G., Sardana, V., Asthir, B. and Chauhan, B. S. (2020) Performance of dry-seeded rice genotypes under varied soil moisture regimes and foliar-applied hormones. Plants 9: 539.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

Peleg, Z. and Blumwald, E. (2011) Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. Current Opinion in Plant Biology 14: 290-295.

Pieterse, C. M., Van der Does, D., Zamioudis, C., Leon-Reyes, A. and Van Wees, S. C. (2012) Hormonal modulation of plant immunity. Annual Review of Cell and Developmental Biology 28: 489-521.

Rasoulnia, A., Alavi, S. M., Askari, H., Farrokhi, N. and Najafabadi, M. S. (2013) Antioxidant activity and lipid peroxidation in response to citrus canker bacterial infection. International Journal of Farming and Allied Sciences 2: 1179-1184.

Safari, M., Ghanati, F., Behmanesh, M., Hajnorouzi, A., Nahidian, B. and Mina, G. (2013) Enhancement of antioxidant enzymes activity and expression of CAT and PAL genes in hazel (*Corylus avellana* L.) cells in response to low-intensity ultrasound. Acta Physiologiae Plantarum 35: 2847-2855.

Sanders, D., Pelloux, J., Brownlee, C. and Harper, J. F. (2002) Calcium at the crossroads of signaling. The Plant Cell 14: 401-417.

Schopfer, P. (2006) Biomechanics of plant growth. American Journal of Botany 93: 1415-1425.

Tang, R. J., Zhao, F. G., Yang, Y. et al. (2020) A calcium signalling network activates vacuolar K^+ remobilization to enable plant adaptation to low-K environments. Nature Plants 6: 384-393.

Telewski, F. W. (2006) A unified hypothesis of mechanoperception in plants. American Journal of Botany 93: 1466-1476.

Vanol, D. and Vaidya, R. (2014) Effect of types of sound (music and noise) and varying frequency on growth of guar or cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) seed germination and growth of plants. Quest 2: 9-14.

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. Plant Science 151: 59-66.

Wei, M., Yang, C. Y. and Wei, S. H. (2012) Enhancement of the differentiation of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* to shoots by ultrasound treatment. Journal of Plant Physiology 169: 770-774.

Xiujuan, W., Bochu, W., Yi, J., Defang, L., Chuanren, D., Xiaocheng, Y. and Sakanishi, A. (2003) Effects of sound stimulation on protective enzyme activities and peroxidase isoenzymes of chrysanthemum. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 27: 59-63.

Yang, F., Bao, Z. Y. and Zhu, Z. J. (2011) An assessment of psychological noise reduction by landscape plants. International Journal of Environmental Research and Public Health 8: 1023-1048.

Yi, J., Bochu, W., Xiujuan, W., Chuanren, D. and Xiaocheng, Y. (2003) Effect of sound stimulation on roots growth and plasmalemma H^+-ATPase activity of chrysanthemum (*Gerbera jamesonii*). Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 27: 65-69.

Yiyao, L., Wang, B., Xuefeng, L., Chuanren, D. and Sakanishi, A. (2002) Effects of sound field on the growth of Chrysanthemum callus. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 24: 321-326.

Zhou, Q., Qu, Y., Li, B., Hou, T., Zhu, B. and Wang, D. (2010) Effects of sound frequency treatment on plant characters and chlorophyll fluorescence of the strawberry leaf. Journal of China Agricultural University 15: 111-115.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]

Effect of traffic noise on the physiological characteristics of *Salvia splendens*

Zohreh Haghighi Kafash[1], Shahrzad Khoramnejadian[2*], Ali Akbar Ghotbi Ravandi[3] and Somayeh Farhang Dehghan[4]

[1 and 2] Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran
[3] Department of Plant Sciences and Biotechnology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
[4] Environmental and Occupational Hazards Control Research Center, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran
(Received: 23/10/2020, Accepted: 26/01/2021)

Abstract

Traffic noise pollution is one of the most important environmental problems in today's societies, especially in the populated cities around the world. The aim of this study was to investigate the effect of traffic noise on physiological traits of *Salvia splendens*. Plants were divided into two equal groups (control and treatment) and each group was grown in two separate growth rooms for two months under the same controlled conditions. Traffic noise was recorded during peak traffic hours in the city. Frequency analysis was performed on the samples during the recording process. Plants in the exposed group were exposed to traffic noise for 15 days and 16 hours a day, while the plants in the control group were placed in complete silence. Exposure to traffic noise led to an increase in calcium content, hydrogen peroxide content, followed by the activity of antioxidant enzymes such as catalase, peroxidase and ascorbate peroxidase compared to the control group. On the other hand, traffic noise significantly decreased indole-3-acetic acid (IAA) content whereas increased the content of Absisic acid (ABA). According to the results of this study, traffic noise by creating oxidative damage and interference with hormonal balance can have a negative impact on the growth and physiology of *Salvia splendens*.

Keywords: Abscisic acid – Auxin – Antioxidant enzymes – Calcium – Traffic noise – *Salvia splendens*

Corresponding author, Email: khoramnezhadian@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-18]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.9.1]