Journal of Research in Environmental Health

Volume 7, Issue 2, Summer 2021

Evaluation of Noise Absorption by *Dodonaea viscosa L.* Plant as a Common Green Wall in Ahvaz City

Sajedeh Ashinehgar
Master of Science, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resource University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.

Mohamadreza Salehi Salmi
* Associate Professor of Floriculture, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resource University of Khuzestan, Ahvaz, Iran. (Corresponding Author):
Email: mrsalehisalmi@gmail.com

Mohamad Hosein Daneshvar
Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resource University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.

Saman Abdanan Mehdizadeh
Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resource University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.

Received: 2021/04/25
Accepted: 2021/07/06

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Population growth and increased urban migration in the past decades have led to an increase in population density and size of major cities. Unfortunately, this kind of pollution has mostly gone unnoticed. To prevent these effects and achieve recommended standards, the use of plants as noise barriers in cities is mandatory. Trees offer a range of ecosystem services and remain important in providing human benefits. The aerodynamic effect of trees was identified as a major reason for the change of pollutant distribution in near-road parks, where trees can act as porous barriers and decrease noise pollution. Although not yet fully developed, planting strategies aiming to benefit from the negative effects of vegetation on noise pollution should be encouraged in future park design.

Materials and Methods: The present study was conducted to investigate the absorption of noise pollution by one of the plants in the landscape of Ahvaz, *Dodonaea viscosa L.*, in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. The experiment was conducted as a completely randomized design with different distances between the sound source and the green wall (5, 10, and 15 m) and green wall width (0.5, 1, 1.5, and 0 m as control). After receiving the sound by the receiver, the data were transferred to MATLAB (2015) software. Then, the properties of the sound level were measured including minimum, maximum, elongation, skewness, mean, and variance.

Results: The results showed that with increasing the distance from the sound source, the minimum sound intensity decreased and finally, the green wall with one-meter width at 15-meters distance had the minimum intensity (68.4 dB). It was also found that the maximum sound decreased with increasing distance of the sound source from the green wall so that the maximum was related to the distance of 5 meters (91.6 dB) and the lowest was related to the distance of 15 meters (76.3 dB). Also, the analysis of the data showed that in the control and other thicknesses of the green wall, the average sound intensity decreased with increasing distance from the sound source. The highest variance of sound intensity was found in 1 m width green wall and 5 m away from the sound source and the lowest variance of sound intensity was related to the thickness of the control at a distance of 5 meters from the sound source.

Conclusion: Basically, the sound waves are absorbed by the leaves and branches of trees. The higher the density of the tree and the shorter the distance from the sound source to the tree, the greater the reducing effect. With the shorter distance from the green wall, the sound gradually decreases because it creates an angle at the deflection path of the wave and therefore, the wave has to travel a greater distance to the receiver. According to the obtained results, it is suggested for landscape designers to use this shrub as a green wall and sound barrier, pruning it with a width of one meter and also its distance from a sound source close to about 5 meters.

Keywords: Density, Health, Signal, Urban Design, Wave Deflection

▶ **Citation:** Ashinehgar S, Salehi Salmi M, Daneshvar MH, Abdanan Mehdizadeh S. Evaluation of Noise Absorption by *Dodonaea viscosa L.* Plant as a Common Green Wall in Ahvaz City. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2021; 7(2): 143-153.

ارزیابی میزان کاهش شدت صوت در گیاه ناترک (*Dodonaea viscosa L.*) به‌عنوان دیوار سبز رایج شهر اهواز

ساجده آشینه‌گر
کارشناس ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

محمدرضا صالحی سلمی
* دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول):
Email: mrsalehisalmi@gmail.com

محمدحسین دانشور
استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

سامان آبدانان مهدی‌زاده
استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۵
نوع مقاله: مقاله اصیل پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی صوتی، یکی از مشکلات محیط زیست در کلان‌شهرهاست که در ابعاد مختلف روانی و جسمی، سلامتی انسان را به مخاطره می‌اندازد و متأسفانه این نوع از آلودگی نسبت به سایر آلودگی‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به‌منظور پیشگیری از این اثرات و دسترسی به استانداردهای توصیه شده، استفاده از گیاهان به‌عنوان موانع صوتی، در شهرها امری ضروری است. درختان قادرند تا با اثر آیرودینامیکی خود در نزدیک جاده به‌عنوان موانع متخلخل عمل کرده و باعث کاهش آلودگی صوتی گردند. پیشنهاد می‌شود در طراحی پارک‌های آینده، استراتژی‌های کاشت با هدف اثر کاهشی پوشش گیاهی بر آلودگی صوتی تشویق شوند.

مواد و روش‌ها: تحقیق حاضر به‌منظور بررسی میزان جذب آلودگی صوتی در یکی از گونه‌های رایج گیاهی در فضای سبز اهواز به‌نام ناترک *Dodonaea viscosa L.* در سال ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با تیمارهای فاصله منبع صوت تا دیوار سبز (۵، ۱۰ و ۱۵ متر) و ضخامت دیوار سبز (۰/۵، ۱، ۱/۵ متر و صفر به‌عنوان شاهد) انجام شد. بعد از اخذ صدا به‌وسیله دستگاه گیرنده، داده‌ها به نرم‌افزار متلب (۲۰۱۵) منتقل شد. سپس ویژگی‌های صوتی از داده‌ها استخراج شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از منبع صوت در تمامی عرض‌های ذکر شده، کمینه شدت صوت کاهش یافت و در نهایت دیوار سبز با ضخامت ۱ متر و در فاصله ۱۵ متری، بیشترین کاهش (۶۸/۴ دسی‌بل) را در کمینه شدت صوت داشت. همچنین مشخص شد که با افزایش فاصله منبع صوت از دیوار سبز، بیشینه صوت کاهش یافت؛ به‌گونه‌ای که بیشترین بیشینه مربوط به فاصله ۵ متری (۹۱/۶ دسی‌بل) و کمترین بیشینه مربوط به فاصله ۱۵ متری (۷۶/۳ دسی‌بل) بود. همچنین آنالیز داده‌ها نشان داد که در شاهد و سایر ضخامت‌های مربوطه به دیوار سبز، با افزایش فاصله از منبع صوت، میانگین شدت صوت کاهش می‌یابد. در ضخامت‌های ۱ و ۱/۵ متری با افزایش فاصله از منبع صوت، کشیدگی شدت صوت کاهش یافت. بیشترین واریانس شدت صوت در ضخامت ۱ متری درختچه و در فاصله ۵ متری از منبع صوت وجود داشت و کمترین واریانس شدت صوت نیز مربوط به ضخامت شاهد در فاصله ۵ متری از منبع صوت بود.

نتیجه‌گیری: اصولاً ارتعاش امواج صوتی توسط برگ‌ها و شاخه‌های درختان جذب می‌شود. هرقدر تراکم درخت بیشتر و فاصله منبع صوت از درخت کمتر باشد، اثر کاهندگی گونه بیشتر است. هرچقدر فاصله دیوار سبز کمتر باشد، به‌دلیل اینکه زاویه بیشتری در مسیر انحراف موج پیدا ایجاد می‌کند و بنابراین موج فاصله زیادتری باید تا دریافت‌کننده بایستی بپیماید، صدا به‌مرور کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، به طراحان فضای سبز پیشنهاد می‌شود جهت استفاده از درختچه ناترک به‌عنوان دیوار سبز و کاهنده صوت، هرس آن با عرض ۱ متری انجام شود و همچنین فاصله آن با آلاینده‌های صوتی نزدیک و در حدود ۵ متری باشد.

کلید واژه‌ها: آلودگی صوتی، افت انتقال، سلامت، طراحی شهری

◀ **استناد:** آشینه‌گر س، صالحی سلمی م ر، دانشور م ح، آبدانان مهدی‌زاده س. ارزیابی میزان کاهش شدت صوت در گیاه ناترک (*Dodonaea viscosa L.*) به‌عنوان دیوار سبز رایج شهر اهواز. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۴۰۰؛۷(۲): ۱۴۳-۱۵۳.

مقدمه

امروزه یکی از عوامل زیان‌آور جوامع، آلودگی صوتی است. این آلودگی در سه دهه اخیر بیش از گذشته توجه جهانیان را به خود معطوف داشته است (۱). در این میان مسئله آلودگی در کلان‌شهر اهواز به‌عنوان یک مسئله فراگیر محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که امروزه یکی از مشکلات مهم زیست‌محیطی است که میزان آن به دلایل مختلفی نظیر افزایش جمعیت در شهر، افزایش تعداد وسایط نقلیه موتوری، افزایش صنایع مجاورت شهر و افزایش فعالیت‌های ساختمانی همه‌روزه رو به افزایش است (۲).

بر اساس تحقیقات، مواجهه با صدا، احتمال بروز بسیاری از بیماری‌ها را افزایش داده و مراجعه به پزشک و مصرف دارو را بالا می‌برد. به‌طور مثال در مطالعه یو و همکاران اثرات صدا به‌عنوان عاملی استرس‌زا و خطرناک برای سلامت انسان در نظر گرفته شد (۳). بررسی صدا در شهرهای گوناگون جهان نشان داده است که صدای ترافیک، معمولاً بزرگ‌ترین سهم در تراز صدای ثبت شده داشته و مهم‌ترین منبع آزاردهندگی است (۴، ۵). بر طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت، روزانه حدود ۴۰٪ جمعیت کشورهای اتحادیه اروپا در معرض صدای ترافیک جاده‌ای با تراز فشار صوت معادل یا بیشتر از ۵۵ دسی‌بل و ۲۰٪ از آن‌ها در معرض صدای بالاتر از ۶۵ دسی‌بل می‌باشند (۶). همچنین، در شب بیش از ۳۰٪ شهروندان اتحادیه اروپا در مواجهه با تراز فشار صوت معادل یا بالاتر از ۵۵ دسی‌بل، که خواب را مختل می‌کند، بوده‌اند (۷). نتایج مطالعه پیوست و همکاران که به ارزیابی هم‌زمان آلودگی صوتی ترافیکی و آستانه شنوایی مغازه‌داران در مناطق پرترافیک شهر بهبهان پرداخت، نشان داد که شهر بهبهان از آلودگی صوتی بالایی برخوردار است و با توجه اینکه صدای ترافیک از نوع صداهای بم است، بیشترین افت شنوایی در فرکانس ۲۵ هرتز رخ داده است (۸).

یکی از راهکارهای کاهش و کنترل آلودگی صوتی، استفاده از پوشش گیاهی یا به اصطلاح متخصصین فضای سبز، دیوار سبز می‌باشد. دیوار سبز با ارتفاع کم، عرض و تراکم مناسب می‌تواند صدای ناشی از ترافیک خیابان‌ها را کاهش دهد. همچنین استفاده از دیوار سبز علاوه بر کاهش صدا، اثرات روانی مطلوبی نیز در بردارد، ولی با این وجود برای ایجاد دیوار سبز نیاز به فضا می‌باشد (۹). در ابتدا فضای سبز به‌عنوان تلطیف کننده در کم کردن صدای ناخوشایند محیط به لحاظ جنبه روانی، استفاده شد، اما فضای سبز جنبه دیگری نیز دارد و آن استفاده از فرم، تکرار و آرایش آکوستیکی، شناخت گونه‌های برتر در عایق کردن صدا و ساخت حصارهای زینتی است (۱۰). شکل درختان فضای سبز می‌تواند بسیار مؤثر باشد؛ چراکه درختان در کاهش آلودگی صوتی از اهمیت خاصی برخوردارند (۱۱). حتی چمن می‌تواند فرکانس‌هایی از صدا را جذب کرده و در کاهش صدا تأثیرگذار باشد. ناگفته نماند که فضای سبز عایق از سال ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفته است (۱۰).

در مطالعه حسینی و امینی که ۱۰ گونه گیاهی مناسب فضای سبز به‌منظور کاهش تراز شدت صوت مورد بررسی قرار گرفت، نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان داد که درختچه‌های پیراکانتا، سنجد، ترون، یوکای باغی و ختمی در مقایسه با سایر گونه‌ها عملکرد بهتری داشته‌اند (۱۲). بررسی وضعیت آلودگی صوتی در منطقه ۱۴ تهران نشان داد که فضای سبز در کاهش آلودگی صوتی بسیار مؤثر است و می‌توان از فضای سبز به‌عنوان دیوار صوتی استفاده کرد. همچنین در این بررسی پیشنهاد شد که از پوشش گیاهی متراکم، مخلوطی از پهن‌برگ و سوزنی‌برگ و متشکل از گونه‌های اقاقیا و چنار، استفاده گردد. استفاده از خاک‌ریز و تپه‌های صوتی گیاه‌کاری شده، در مکان‌های با وسعت زیاد پیشنهاد شد (۱۳). بررسی میزان عبور وسایط نقلیه در هر دقیقه و شرح تحلیلی از پوشش گیاهی در مناطق مختلف نشان داد که منطقه‌ای دارای کمربندی از درختان، به‌خصوص کاج، در کاهش آلودگی صوتی مؤثرتر واقع شده است (۱۴). شنگ و همکاران، شاخص عملکرد پیش‌بینی شده از برخی گونه‌های درختی موجود در کمربند سبز را جهت کاهش آلودگی صوتی تولید شده، بررسی کردند. بر اساس این شاخص و برخی پارامترهای بیولوژیکی و اجتماعی و اقتصادی گیاهان، شاخص عملکرد پیش‌بینی شده را محاسبه کردند و نتیجه

گرفتند که از میان تمام گیاهان مورد مطالعه، گونه‌ای از انجیر به نام انجیر سفید رتبه اول و پس از آن گیاه انبه و گیاه انجیر معابد، بهترین گونه‌ها در کاهش آلودگی صوتی بودند و جهت توسعه کمربند سبز شهری توصیه می‌شوند (۱۵).

گیاه ناترک درختچه‌ای کوچک با برگ‌های یک‌درمیان و ساده، همیشه‌سبز می‌باشد. این گیاه در صورت کاشت متراکم، تشکیل درختچه‌هایی کوچک را می‌دهد. معمولاً برای سایه‌دهی کاشته نمی‌شود و تراکم شاخ و برگ بسته به نحوه هرس می‌تواند کم تا زیاد باشد. از طرفی در صورت متراکم کاشتن رشد آن محدود و بیشتر به‌صورت عمودی توسعه می‌یابد (۱۶).

با توجه به وضعیت زیست‌محیطی کنونی شهر اهواز و روند شتاب شهرنشینی در آن، تجدید نظر در الگوی ساختاری پارک‌ها و فضای سبز کنار جاده‌ای بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر استفاده از ناترک به‌عنوان دیوار سبز مورد استفاده در فضای سبز اهواز بر شکست صدا و کاهش آلودگی صوتی انجام شد.

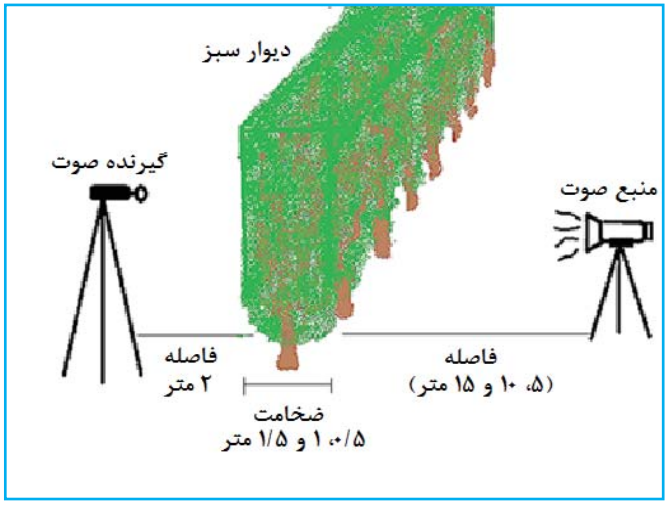
روش کار

منطقه مورد مطالعه

جهت داشتن محیط بی‌سروصدا و به‌منظور بررسی کاهش آلودگی صوتی توسط درختچه ناترک، این پژوهش در فضای سبز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و در روزهای تعطیل طی سال‌های ۱۳۹۷-۹۸ انجام شد. این دانشگاه در ۳۰ کیلومتری شهر اهواز واقع بوده و دارای اقلیم نیمه‌گرمسیری است. شهر اهواز جزء بخش جلگه‌ای استان خوزستان است که در ناحیه صحارا- سندی واقع می‌شود.

جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش دو فاکتور مورد بررسی قرار گرفت که این فاکتورها شامل عرض دیوار سبز (۰/۵، ۱، ۱/۵ متر و صفر به‌عنوان شاهد) و فاصله منبع صوت (۵، ۱۰ و ۱۵ متر) از دیوار سبز بود. به‌منظور اندازه‌گیری صدا از دستگاه صداسنج مدل اچ تی ۱۵۷ در فاصله ۲ متری از دیوار سبز استفاده شد (شکل ۱). این دستگاه برای اندازه‌گیری تراز فشار صوت از ۲۵ دسی‌بل تا ۱۴۰ دسی‌بل با فرکانس در محدوده ۱۰-۲۰ هرتز طراحی شده است. دستگاه صداسنج روی یک سه‌پایه با ارتفاع یک متر قرار گرفت. جهت جلوگیری از ایجاد خطای ناشی از سروصدای ایجاد شده توسط ارتعاش مولکول‌های هوا، روی میکروفون دستگاه اسفنجی قرار داده شد. لازم به ذکر است به‌منظور کاهش اثرات دما و رطوبت تمامی آزمایش‌ها در یک‌زمان مشخص از روز با دمای یکسان (۲۷ درجه سانتی‌گراد) و در هوای صاف و بدون باد و باران با رطوبت نسبی ۶۰-۶۵ درصد انجام شد که میزان تردد افراد و وسایل نقلیه در آن زمان، به حداقل خود می‌رسید.



شکل ۱. نحوه چیدمان و فاصله منبع صوت، دیوار سبز و گیرنده صوت

واکاوی داده‌ها

بعد از دریافت صدا به‌وسیله دستگاه، داده‌ها به نرم‌افزار متلب (۲۰۱۵) منتقل شد. سپس ویژگی‌های کمینه صوت، بیشینه صوت، کشیدگی، چولگی، میانگین و واریانس از داده‌ها استخراج شد. میزان افت کمینه صوت و بیشینه صوت از دیوار سبز به دستگاه اخذ و ذخیره شد. میانگین، واریانس، کشیدگی و چولگی به‌ترتیب از روابط زیر به‌دست آمده‌اند (۱۷):

معادله ۱: میانگین

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$$

معادله ۲: جولگی

$$S = \frac{\sum_{i=0}^{L-1}(z_i - m)^3}{\delta^3}$$

معادله ۲: کشیدگی

$$k = \frac{\sum_{i=0}^{L-1}(z_i - m)^4}{\delta^4}$$

معادله ۲: واریانس

$$var = \sum_{i=0}^{L-1}(z_i - m)^2 p(z_i)$$

که در آن‌ها z_i شدت صوت در آرایه i ام و $z_i(P)$ نیز احتمال وقوع شدت z_i می‌باشد.

تجزیه آماری داده‌ها از قبیل آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس، و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از نرم‌افزار سیستم پردازش آماری SAS، ورژن ۹/۱ و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل (۲۰۱۳) انجام شد.

یافته‌ها

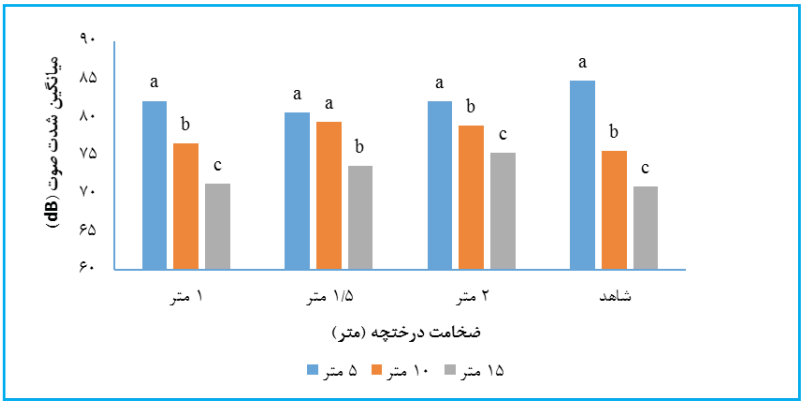
کمینه صوت

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر فاصله منبع صوت از دیوار سبز، ضخامت دیوار سبز و برهمکنش آن‌ها بر کمینه شدت صوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. با توجه به نتایج برهمکنش (نمودار ۱)، بیشترین کمینه شدت صوت مرتبط با تیمار شاهد با فاصله ۵ متری منبع صوت بود، با این‌وجود با تیمارهای فاصله ۵ متری منبع صوت در تمامی ضخامت‌های دیوار سبز اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین با افزایش فاصله از منبع صوت در تمامی ضخامت‌ها، کمینه شدت صوت کاهش یافت و در نهایت در ضخامت ۱ متر و در فاصله ۱۵ متری به ۶۸/۴ دسی‌بل رسید که با سایر ضخامت‌های درختچه در فاصله ۱۵ متری از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر فاصله منبع صوت از دیوار سبز، ضخامت دیوار سبز و برهمکنش آن‌ها بر کمینه، بیشینه، میانگین، کشیدگی، چولگی و واریانس شدت صوت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					واریانس
		کمینه	بیشینه	میانگین	کشیدگی	چولگی	
A	۲	۲۴۹/۵۸ **	۸۹۷/۳۸ **	۲۷۷/۵۶ **	۹/۰۵ **	۶۸/۴۸ *	۸۰۸/۶ ns
B	۳	۱۶/۸۹ **	۱۳۵/۳۲ ns	۷/۹۶۷ **	۷/۰۹۸ *	۱۱۰/۶۴ **	۹۰۷/۷۸ *
A × B	۶	۱۳/۲۸ **	۸۵/۳۷ ns	۱۲/۱۶۷ **	۴/۳۰۲ *	۲۸/۰۵ ns	۶۷۴/۱۶ *
خطای آزمایش	۲۴	۱/۷۰	۵۰/۱۰	۱/۰۷	۱/۵۶	۱۷/۰۶	۲۴۹/۲۵
ضریب تغییرات (٪)		۱/۷۳	۸/۵۷	۱/۳۳	۳۵۳/۲۴	۱۷۴/۸۶	۱۶۲/۷

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد و ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

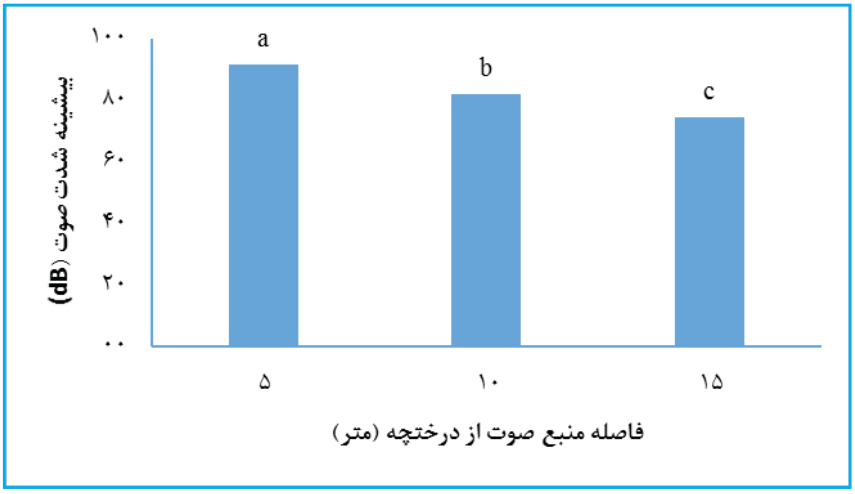


نمودار ۱. برهمکنش ضخامت دیوار سبز و فاصله منبع صوت از آن بر کمینه شدت صوت (دسی‌بل)

***ستون‌هایی با حرف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

بیشینه صوت

بر اساس نتایج ذکر شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر فاصله دیوار سبز از منبع صوت بر بیشینه شدت صوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، ولی اثر ضخامت دیوار سبز و همچنین اثر برهمکنش فاصله از منبع صوت و ضخامت دیوار سبز بر بیشینه شدت صوت معنی‌دار نبود. بر اساس نمودار ۲، با افزایش فاصله منبع صوت از دیوار سبز، بیشینه صوت کاهش یافت؛ به‌گونه‌ای که بیشترین بیشینه مربوط به فاصله ۵ متری (۹۱/۶ دسی‌بل) و کمترین بیشینه مربوط به فاصله ۱۵ متری (۷۶/۳ دسی‌بل) بود.



نمودار ۲. اثر فاصله منبع صوت از درختچه بر بیشینه شدت صوت

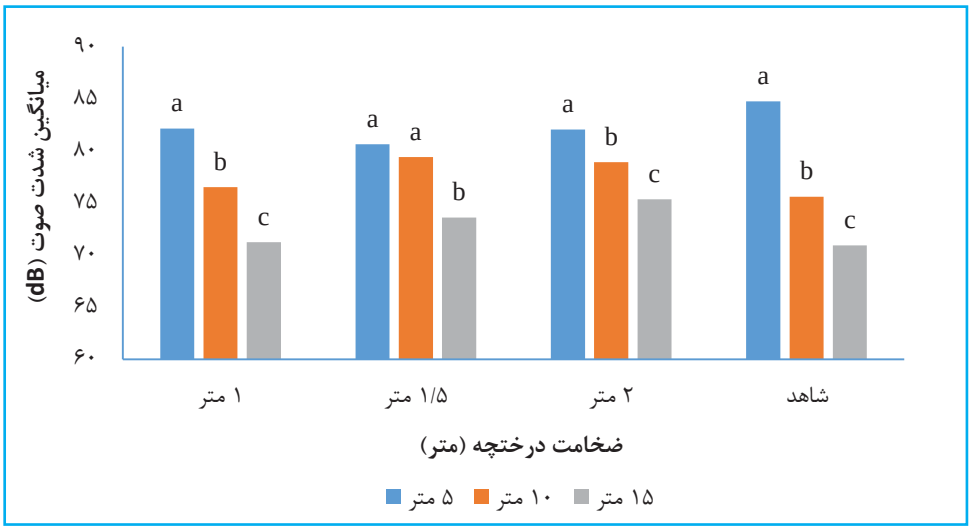
*** ستون‌هایی با حرف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

میانگین صوت

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر فاصله منبع صوت از دیوار سبز، اثر ضخامت دیوار سبز و همچنین اثر برهمکنش آن‌ها بر میانگین شدت صوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نمودار ۳، بیشترین میانگین شدت صوت مربوط به ضخامت شاهد در فاصله ۵ متری بود که با سایر ضخامت‌های دیوار سبز در فاصله ۵ متری و همچنین ضخامت ۱/۵ متر در فاصله ۱۰ متری از منبع صوت تفاوت آماری معنی‌داری نداشت ($p=۰/۰۵$). کمترین میانگین شدت صوت مربوط به ضخامت ۱ متر و در فاصله ۱۵ متری از منبع صوت بود، با این‌وجود با ضخامت شاهد در فاصله ۱۵ متری و ضخامت ۲ متر در فاصله ۱۵ متری شاهد تفاوت آماری معنی‌داری نداشت ($p=۰/۰۵$). همچنین با مشاهده نمودار می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شاهد و سایر ضخامت‌های مربوطه به دیوار سبز، با افزایش فاصله از منبع صوت میانگین شدت صوت کاهش می‌یابد (نمودار ۳).

کشیدگی شدت صوت

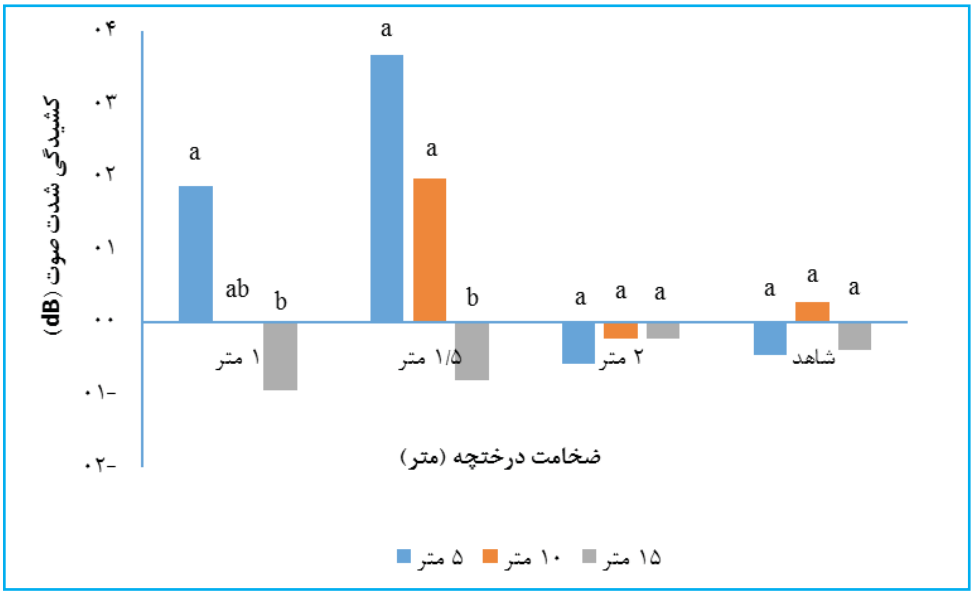
بر اساس نتایج جدول ۱، اثر فاصله منبع صوت از دیوار سبز در سطح احتمال ۱٪، ضخامت دیوار سبز و برهمکنش آن‌ها بر کشیدگی شدت صوت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. با مشاهده نمودار ۴ می‌توان چنین عنوان نمود که کمترین کشیدگی شدت صوت (۰/۹۳ دسی‌بل) مربوط به ضخامت ۱ متر دیوار سبز در فاصله ۱۵ متری از منبع صوت بود که از نظر آماری با ضخامت ۱ متر در فاصله ۱۰ متر و ضخامت ۱/۵ متر در فاصله ۱۵ متری از منبع صوت تفاوت معنی‌داری نداشت ($p=۰/۰۵$). همچنین بیشترین کشیدگی شدت صوت (۳/۶۷ دسی‌بل) مربوط به ضخامت ۱/۵ متری و فاصله ۵ متری از منبع صوت از منبع صوت بود که تنها با ضخامت‌های ۱ و ۱/۵ متری تفاوت آماری معنی‌داری داشت ($p=۰/۰۵$). همچنین با مشاهده دقیق‌تر می‌توان بیان کرد که در ضخامت‌های ۱ و ۱/۵ متری دیوار سبز با افزایش فاصله از منبع صوت، کشیدگی شدت صوت



نمودار ۳. برهمکنش ضخامت دیوار سبز و فاصله منبع صوت از آن بر میانگین شدت صوت (دسی‌بل)

*** ستون‌هایی با حرف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

کاهش می‌یابد. در ضخامت ۲ متر و شاهد با تغییر فاصله، تفاوت محسوسی در کشیدگی شدت صوت مشاهده نگردید.



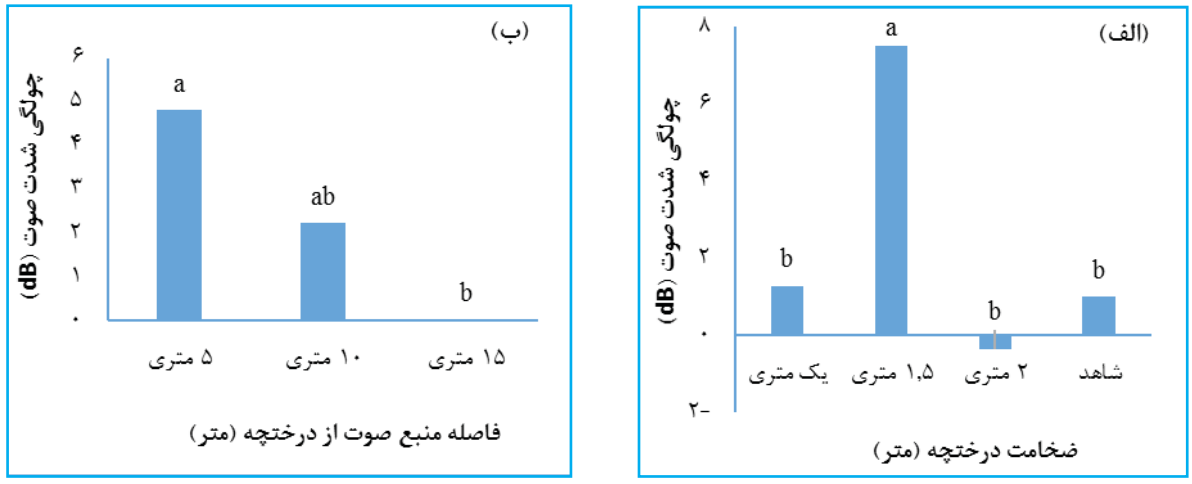
نمودار ۴. اثر برهمکنش فاصله منبع صوت از درختچه و ضخامت درختچه بر کشیدگی شدت صوت دسی‌بل)

*** ستون‌هایی با حرف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

چولگی شدت صوت

با توجه به نتایج آورده شده در جدول تجزیه واریانس اثر فاصله منبع صوت از دیوار سبز در سطح احتمال ۵٪ و اثر ضخامت دیوار سبز در سطح ۱٪ بر چولگی شدت صوت معنی‌دار بود، ولی اثر برهمکنش فاصله منبع صوت از دیوار سبز و ضخامت دیوار سبز بر چولگی شدت صوت معنی‌دار نبود. با مشاهده نمودار ۵- الف می‌توان بیان کرد که کمترین چولگی شدت صوت در ضخامت ۲ متری وجود داشت که از نظر آماری با شاهد و ضخامت ۱ متری دیوار سبز تفاوت معنی‌داری نداشت ($p=۰/۰۵$)، ولی با ضخامت ۱/۵

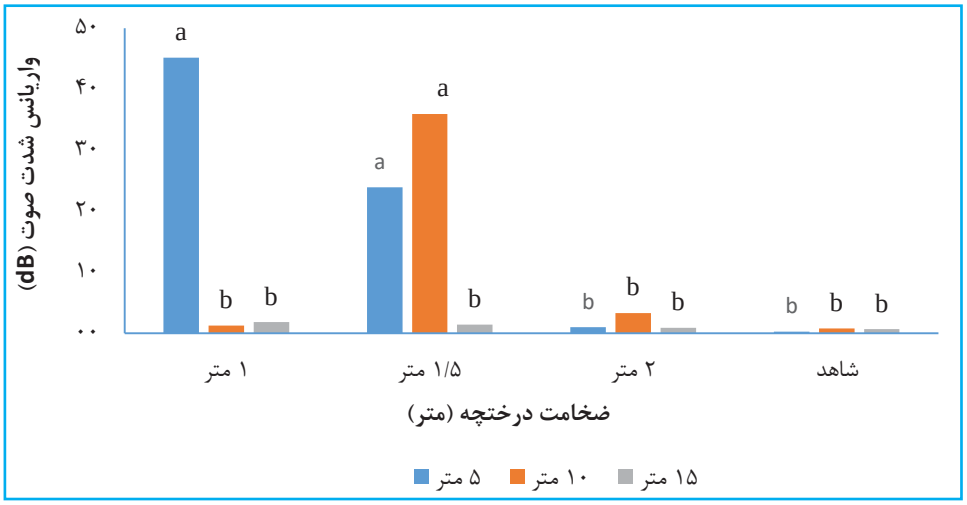
متری از نظر تفاوت آماری معنی‌داری داشت (p=۰/۰۵). بیشترین چولگی شدت صوت نیز در ضخامت ۱/۵ متر مشاهده گردید. همچنین با مشاهده نمودار ۵- ب می‌توان عنوان کرد که کمترین و بیشترین چولگی شدت صوت به‌ترتیب در فاصله ۱۵ و ۵ متری از منبع صوت و با مقادیر ۰ و ۴/۸ دسی‌بل مشاهده گردید.



نمودار ۵. اثر ضخامت دیوار سبز (الف) و اثر فاصله منبع صوت از دیوار سبز (ب) بر چولگی شدت صوت (دسی‌بل)
*** در هر نمودار، ستون‌هایی با حرف مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری نداشتند.**

واریانس شدت صوت

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر ضخامت دیوار سبز و اثر برهمکنش ضخامت و فاصله منبع صوت از دیوار سبز بر واریانس شدت صوت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود و اثر فاصله منبع صوت از دیوار سبز بر واریانس شدت صوت معنی‌دار نبود. با مشاهده نمودار ۶ می‌توان بیان کرد که بیشترین واریانس شدت صوت در ضخامت ۱ متری دیوار سبز و در فاصله ۵ متری از منبع صوت وجود داشت که با ضخامت ۱ متری دیوار سبز در فواصل ۱۰ و ۱۵ متری و ضخامت ۱/۵ در فاصله ۱۵ متری اختلاف آماری معنی‌داری داشت (p=۰/۰۵). کمترین واریانس شدت صوت نیز مربوط به ضخامت شاهد در فاصله ۵ متری از منبع صوت بود.



نمودار ۶. اثر برهمکنش فاصله منبع صوت از درختچه و ضخامت درختچه بر واریانس شدت صوت دسی‌بل)
*** ستون‌هایی با حرف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری ندارند.**

بحث

بر اساس نتایج به‌دست آمده، ضخامت ۱ متر درختچه به‌عنوان دیوار سبز، سبب فشردگی و انسجام بیشتر شاخه‌ها و برگ‌ها شد، بنابراین بهترین بازده را در جذب امواج صوتی داشته است. با توجه به آرایش شاخساره درختچه ناترک، این‌گونه به نظر می‌رسد که هرس شدید با ضخامت ۰/۵ متر سبب برش بیش از حد گیاه و کاهش تعداد برگ و در نتیجه کاهش تراکم آن گردیده است. همچنین با افزایش ضخامت درختچه، به‌ویژه در ضخامت ۱/۵ متر، شاخه‌ها آرایش باز به خود گرفته و سبب کاهش تراکم می‌گردد. بنابراین منجر به جذب کمتر امواج صوتی می‌شود. مارتین بیان داشت که تراکم درختان در کاهندگی صدا مهم‌تر از نوع گونه مورد استفاده است (۱۸). همچنین هودارت نتیجه‌گیری کرد که تراکم و پوشش درهم‌رفته، می‌تواند از انواع مهم فراهم آورنده پرده محافظ طبیعی در منظر باشد (۱۹).

در مطالعه حسینی و امینی طوسی که ۱۰ درخت جنگلی را به‌منظور استفاده در کمربند سبز شهری و کاهش آلودگی صوتی مورد بررسی قرار دادند، مشخص گردید کاج قرمز، کاج نوئل، کاج ویرجینیا و کاج سفید به‌دلیل آرایش شاخساره بیشترین اثر را در کاهش آلودگی صوتی داشتند. همچنین نتیجه‌گیری شد که کاشت این گیاهان به‌طور متراکم، سبب افزایش جذب صوت می‌گردد (۱۲). بر اساس تحقیقات اورگنک مشخص گردید یک توده متراکم درختکاری تا ۴۰ برابر بیشتر از یک نوار از درختان جنگلی، می‌تواند صدا را کاهش دهد (۲۰). ازر و همکاران بیان کردند عرض تاج درخت، ارتفاع، تراکم گیاهی، تفاوت گونه‌ای (خزان‌پذیر یا همیشه‌سبز) و حالت قرارگیری برگ‌ها از فاکتورهای مهم در جذب صوت توسط درختان می‌باشد (۲۱).

همچنین بر اساس مطالعه شنگ و همکاران بر روی درختان، مشخص گردید هرچه برگ بزرگ‌تر و میزان تراکم شاخ و برگ بیشتر باشد، میزان کاهش آلودگی صوتی آن بیشتر است (۱۵).

یکی دیگر از عوامل عمده در افزایش و کاهش آلودگی صوتی، فاصله بین منبع صوت و گیرنده است. در این پژوهش مشخص شد فاصله ۵ متری دیوار سبز از منبع صوت نسبت به ۱۰ و ۱۵ متری، نتیجه بهتری در کاهش آلودگی صوتی داشت. به‌طور کلی افزایش فاصله بین منبع صوت و مانع، باعث کاهش در اثرات صدا می‌شود. نتایج مطالعه پاتاک و همکاران که ۱۲ پوشش گیاهی را در کشور هند مورد مطالعه قرار دادند، نشان داد یک رابطه منفی بین فاصله منبع صدا و تضعیف صوت وجود دارد (۲۲).

بر اساس مطالعه شنگ و همکاران فاصله کمربند سبز شهری بر کاهش آلودگی صوتی تأثیرگذار است و هرچه فاصله کاشت درختان تا منبع تولید صدا کمتر باشد، اثر کاهندگی بیشتری داشت (۱۵). همچنین دیر به این نتیجه رسید که بهتر است اولین ردیف پوشش گیاهی با فاصله ۱/۵ متری از کنار جاده قرار گیرد (۲۳). هودارت در مطالعه خود نشان داد که درصورتی‌که پوشش گیاهی نزدیک به جاده باشد، کاهش در صوت چشمگیرتر خواهد بود (۱۹). همچنین می‌توان به مطالعه ازر و همکاران اشاره کرد که در آن این‌گونه بیان‌شده که تأثیر کاهش صدا با فاصله نسبت مستقیم دارد (۲۱).

مطالعه وون و همکاران که به بررسی رابطه بین بسامد و ضریب جذب صوت یک جدار ساخته شده با پوشش گیاهی پرداختند، نشان داد که با افزایش بسامد صدای منبع، ضریب جذب نیز افزایش یافته و تأثیر پوشش گیاهی در بسامدهای بالاتر نیز قابل توجه است که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (۲۴)، ولی این استدلال در برخی مطالعات نیز مغایر بود. از جمله با پژوهش مالکی و حسینی که بیان کردند افزایش فاصله مانع تا منبع صوتی، سبب تأثیر بیشتر در کاهندگی دارد (۲۵)، مغایر بود.

نتیجه‌گیری

اصولاً ارتعاش امواج صوتی توسط برگ‌ها و شاخه‌های درختان جذب می‌شود و عواملی مانند ضخامت درختچه و فاصله درخت از منبع صوت در میزان جذب صوت مؤثرند. هرقدر تراکم درخت بیشتر و فاصله منبع صوت از درخت کمتر باشد، اثر کاهندگی گونه بیشتر است. شاخ و برگ درختان به‌دلیل قابلیت انعطاف و نرمش و صاف بودن، صدا را جذب می‌کنند و تنه درختان و شاخه‌های سنگین باعث انحراف صدا می‌شوند. هرچه قدر فاصله

دیوار سبز کمتر باشد، به‌دلیل اینکه زاویه بیشتری در مسیر انحراف موج پیدا ایجاد می‌کند و بنابراین موج فاصله زیادتری تا دریافت کننده بایستی بپیماید، صدا به‌مرور کاهش می‌یابد و بر اساس رابطه صدا با عکس مجذور فاصله، اگر فاصله ۲ برابر شود، میزان صدا به‌اندازه ۴ برابر کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به طراحان فضای سبز پیشنهاد می‌شود جهت استفاده از درختچه ناترک به‌عنوان دیوار سبز و کاهنده صوت، هرس آن با عرض ۱ متری انجام شود و همچنین فاصله آن با آلاینده‌های صوتی نزدیک و در حدود ۵ متری باشد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته شده از پایان‌نامه دانشجویی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی می‌باشد. بدین‌وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Roswall N, Raaschou-Nielsen O, Jensen SS, Tjonneland A, Sorensen M. Long-term exposure to residential railway and road traffic noise and risk for diabetes in a Danish cohort. Environmental Research. 2018; 160: 292-297.
2. Babadi N, Mohammadi Rouzbahan M, Hemadi K. Study of noise pollution and noise annoyance in residential areas affected by sound of Ahvaz International Airport. Journal of Environmental Sciences and Technology. 2019; 21: 1-13.
3. Yu Y, Paul K, Arah O, Mayeda E, Wu J, Lee E, Ritz B. Air pollution, noise exposure, and metabolic syndrome-A cohort study in elderly Mexican-Americans in Sacramento area. UNSP 105269. Environment International. 2020; 134.
4. Jarosinska D, Heroux M, Wilkhu P, Creswick J, Verbeek J, Wothge J. Development of the WHO environmental noise guidelines for the European region: An introduction. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018; 15 (4): 813.
5. Mazaheri Jajaie R. Modeling the relationship between noise pollution and landscape metrics of urban structures and green covers (case study: Esfahan City). Journal of Research in environmental Health. 2020; 21: 45-55. (Persian).
6. World Health Organization. Burden of disease from environmental noise quantification of healthy life years lost in Europe. 2011. 106p.
7. Konovalova O. Analysis of criteria and strategies used for noise monitoring in airports. Proceedings of the National Aviation University. 2015; 2: 99-105.
8. Peivast N, Parvari R, Hashemi Z, Safari M, Omidi S, Asadi N. Simultaneous assessment of traffic noise pollution and hearing threshold level of shopkeepers in congested area of Behbahan in 2014. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2017; 16: 645-660. (Persian).
9. Merchan CI, Diaz-Balteiro L, Soli M. Noise pollution in national parks: Soundscape and economic valuation. Landscape and Urban Planning. 2014; 123: 1- 9.
10. Benfield JA, Bell PA, Troup LJ, Soderstrom NC. Aesthetic and affective effects of vocal and traffic noise on natural landscape assessment. Journal of Environmental Psychology. 2010; 30: 103-111.
11. Arnberger A, Eder R, Allex B, Sterl P, Burns RC. Relationships between national-park affinity and attitudes towards protected area management of visitors to the Gesaeuse National Park, Austria. Forest Policy and Economics. 2012; 19: 48-55.
12. Hosseini A, Amini Toosi H. A research on appropriate plant species for green facades to reduce the sound level. Journal of Environmental Sciences and Technology. 2016; 18: 123-136. (Persian).
13. Karimi E, Nasiri P, Abasspour M, Moghadam MR, Taghavi L. Evaluation of noise pollution in district 14 of Tehran. Journal of Human and Environment. 2013; 23:1-12. (Persian).
14. Islam MN, Rahman KS, Bahar MN, Habib MA, Ando K, Hattori N. Pollution attenuation by roadside greenbelt in and around urban areas. Urban Forestry and Urban Greening. 2012; 11: 460-464.
15. Sheng Q, Zhang Y, Zhua Z, Li W, Xu J, Tang R. An experimental study to quantify road greenbelts and their association with PM2.5 concentration along city main roads in Nanjing, China. Science of Total Environment. 2019; 667: 710-717.
16. Shanmugavasan A, Ramachandran T. Investigation of the extraction process and phytochemical composition of preparations of Dodonaea viscosa (L.) Jacq. Journal of Ethnopharmacology. 2011; 137: 1172-1176.
17. Gray RM, Davisson LD. An Introduction to Statistical Signal Processing. Cambridge University Press. USA. 2004. 475p.
18. Martin A.M. Industrial impact noise and hearing. PhD Thesis. Department of pure and applied physics, University of Salford, USA. 1980. 106p.

19. Huddart L. The use of vegetation for traffic noise screening, research report 238, Transport and road research laboratory. Department of transport, Berkshire, England. 1990. 38p.
20. Urgenc S. Intensive planting and vast technique. Stanbul university, Turkey. 1990. 67p.
21. Ozer S, Akif IM, Yilmaz H. Determination of roadside noise reduction effectiveness of Pinus sylvestris L. and Populus nigra L. in Erzurum. Turkey. Environmental Monitoring and Assessment Bulletin. 2007; 10: 78-86.
22. Pathak V, Tripathi BD, Mishra VK. Evaluation of anticipated performance index of some tree species for greenbelt development to mitigate traffic generated noise. Urban forestry and urban greening. 2011; 10: 61-66.
23. Dirr MA. Their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. Manual of woody landscape plants. 4th ed. Stipes publishing company, Champaign, USA. 1990. 1007p.
24. Won NH, Tan AYK, Ta n PY, Chiang K, Wong NC. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment. 2010; 45: 411-420.
25. Maleki K, Hosseini SM. The effect of pure and mixed plantation of Robinia Pseudacasia and Pinus Eldarica on traffic noise decrease. International Journal of environmental Science. 2010; 1: 213- 224.