محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳، شماره۳، پاییز ۱۳۹۹
صفحات ۵۸۵ تا ۵۹۷

# بررسی اثر دود ناشی از احتراق بنزین در موتور بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان آپارتمانی شفلرا (*Schefflera arboricola*)، بنت القنسول (*Euphorbia pulcherrima*) و دیفن باخیا (*Dieffenbachia amoena*)

**الهام مال وردی[۱]؛ اصغر مصلح آرانی[۲]؛ سعید شجاعی برجوئی[۱*] و محمدرضا سرافراز[۳]**

*۱- کارشناسی ارشد گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد*

*۲- دانشیار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد*

*۳- استادیار گروه زیست شناسی دانشکده علوم دانشگاه یزد*

(تاریخ دریافت ۹۹/۰۱/۳۰-تاریخ پذیرش ۹۹/۰۴/۱۰)

**چکیده:**

کمی‌سازی تحمل گیاهان به آلودگی هوا (Air Pollution Tolerance Index - APTI) در کنار سایر معیارها می‌تواند در راستای کاهش آلودگی هوا و توسعه فضای سبز امری سودمند باشد. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر دود ناشی از احتراق بنزین در موتور بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی به ویژه شاخص تحمل به آلودگی هوا سه گونه آپارتمانی صورت گرفت. این مطالعه آزمایشگاهی به صورت فاکتوریل در قالب یک طرح کاملا تصادفی در دو گروه شاهد و تیمار صورت گرفت. ابتدا گیاهان آپارتمانی شفلرا، بنت القنسول و دیفن باخیا به مدت سه ماه در معرض دود ناشی از سوخت‌های موتوری قرار گرفتند. سپس با اندازه‌گیری دو فاکتور فیزیولوژیک محتوای آب نسبی و pH عصاره برگ و همچنین دو فاکتور بیوشیمیایی کلروفیل کل و اسید آسکوربیک، مقادیر APTI در گیاهان شاهد و تیمار تعیین گردید. برای بررسی پاسخ های فیزیولوژیک گیاهان علاوه بر فاکتورهای مذکور دو پارامتر پرولین و قند محلول اندازه گیری شد. نتایج نشان داد، در میان گونه‌های مورد مطالعه، بیشترین اسیدیته و محتوای آب نسبی در گیاه دیفن‌باخیا و بیشترین پرولین، اسید آسکوربیک و APTI در گیاه بنت القنسول است. همچنین تفاوت معنی‌داری در مقدار قند محلول و کلروفیل بین سه گونه مشاهده نشد. مقادیر APTI در گیاهان شفلرا، بنت القنسول و دیفن باخیا به ترتیب ۱۰/۳۷، ۱۵/۶۳ و ۱۰/۵۵ اندازه‌گیری شد. مقادیر شاخص APTI در گیاهان تیمار شده دیفن‌باخیا کمتر از گیاه شاهد بود. همچنین میزان پرولین و محتوای آب نسبی در گیاهان تیمار شده شفلرا کمتر از گیاهان شاهد بود. از آن جایی که گیاه بنت القنسول نسبت به دو گیاه شفلرا و دیفن باخیا در مقابل دود ناشی از احتراق سوخت بنزین در موتور بیشترین شاخص تحمل به آلودگی هوا را داشت، بنابراین توسعه فضای سبز آپارتمان ها با گیاه بنت القنسول در مقایسه با دو گونه گیاهی دیگر در اولویت قرار دارد.

**کلید واژگان:** شاخص تحمل به آلودگی هوا، گیاهان آپارتمانی، تنش

* نویسنده مسئول ؛ تلفن : ۰۹۱۳۸۳۶۸۴۳۶ ایمیل: said.shojaee71@gmail.com

## ۱.مقدمه

گسترش بی‌رویه شهرها و همچنین رشد صنعت نه تنها باعث افزایش آلودگی هوای شهرها شده، بلکه تغییراتی را در اقلیم جهانی نیز به‌وجود آورده که در سال‌های اخیر به‌شدت مورد توجه محققان و برنامه ریزان قرار گرفته است (Shojaee Barjoee *et al*., 2019). از طرف دیگر، رشد روز افزون ترافیک شهری و ایجاد انواع آلودگی‌ها، بشر به نوعی در معرض خطر قرار گرفته و اثرات آن بر عرصه‌های سلامت جسمانی، روانی و ضررهای اقتصادی مشهود است. با توجه به اینکه سهم منابع ثابت و متحرک آلودگی بسته به نوع آلاینده در ایجاد آلودگی هوای برخی شهرهای ایران متفاوت است، می توان اذعان نمود وسایل نقلیه یکی از اصلی‌ترین منابع آلودگی هوا در شهرها هستند (Dehghan *et al*., 2019). نتایج تحقیقات نشان داده است، عامل انتشار دی اکسید کربن ($CO_2$)، مونوکسید کربن (CO)، اکسیدهای نیتروژن ($NO_X$) و هیدروکربن‌های نسوخته (HC) مصرف فرآوردهای نفتی به عنوان سوخت غالب در وسایل نقلیه است که به‌عنوان موثرترین عامل تخریب محیط زیست و مخاطرات بهداشتی ساکنان شهری شناخته شده اند (Dehghan *et al*., 2019). از آن‌جایی که محل انتشار این آلاینده‌ها در سطح زمین است، آلاینده‌های مذکور در سطح پایین و نزدیک به سطح آسفالت رها شده و در فضای داخل خیابان‌ها و بین ساختمان‌های بلند ماندگاری قابل توجهی دارند. به‌این طریق می‌توانند علاوه بر آلوده نمودن فضای بیرون باعث ایجاد آلودگی در ساختمان‌ها شوند و غلظت‌های خطرناک و سمی برای ساکنین ایجاد نمایند (Ahmadi Orkomi *et al*., 2019). بر خلاف تصورات رایج مردم، خطرات ناشی از آلاینده‌ها در مکانهای بسته بیشتر از محیط‌های باز است. بر اساس تحقیقات و مطالعات صورت گرفته توسط آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا، میزان آلودگی هوا در مکانهای سرپوشیده می‌تواند ۲ تا ۵ برابر یا حتی تا ۱۰۰ برابر بیشتر از میزان مشابه در محیط خارج باشد (Leung, 2015). خطراتی که آلاینده‌های گازی در محیط‌های باز و بسته برای سلامت افراد ساکن در مناطق آلوده دارد، لازم است با آگاهی و شناخت از این مسئله در راستای جلوگیری از تولید یا کاهش خطرات آن اقدام کرد. یکی از راهکارهای جدی برای کاهش آلودگی هوا کاشت گیاهان مقاوم به آلاینده ها است (Kapoor, 2017). تحقیقات نشان می‌دهد که بعضی از گیاهان قابلیت بیشتری برای جذب آلاینده ها، به خصوص در محیط های بسته‌ای که هوای کمتری در جریان است دارند. در واقع گیاهان یکی از عوامل محیطی موثر در جذب آلاینده‌ها هستند و در مواردی به عنوان مخزن در کاهش سطح آلاینده ها در محیط زیست به شمار می آیند و نقش برجسته‌ای در حفظ تعادل اکولوژیکی محیط زیست دارند (Selmi *et al*., 2016). گیاهانی که در مقابل آلودگی هوا مقاومت دارند آن را در ریخت و ظاهر خود و نیز در سطوح مختلف فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نشان می‌دهند. همچنین مقاومت در سطوح فتوسنتزی، تنفسی و واکنش های آنزیمی قابل ردیابی است (Leghari *et al*., 2019). محققان به کمک برخی از فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی به کمی‌سازی و اندازه‌گیری میزان تحمل گیاهان نسبت به آلودگی هوا پرداخته‌اند و شاخصی به نام شاخص تحمل به آلودگی هوا (Air Pollution Tolerance Index) را معرفی

کرده‌اند که می‌تواند در کنار دیگر معیارها در انتخاب گونه‌های گیاهی برای کاهش آلودگی هوا مدنظر باشد (Skrynetska *et al*., 2019). Salimi و Dadkhah Aghdash (۲۰۱۹) شاخص مقاومت به آلودگی هوا در سه گونۀ درختی توت سفید، آسمان دار و بید مجنون در چند منطقه از کلانشهر تهران را مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج آن ها نشان داد، درخت توت سفید با شاخص APTIبرابر با ۱۴/۸۵به طور معناداری نسبت به APTI درختان آسمان دار (۱۱/۸۰) و بید مجنون (۱۱/۴۴) مقاومت بیشتر دارد. Elloumi و همکاران (۲۰۱۸) شاخص تحمل به آلودگی هوا در چهار گونه درختی زیتون خوراکی، خرما، انجیر و توت سفید در نواحی صنعتی اسفاکس تونس به ترتیب برابر با ۲۰/۰۹، ۱۷/۱۰، ۸/۸۷ و ۷/۴۹ اندازه گیری نمودند. Shojaee Barjoee و همکاران (۱۳۹۹) در بین گونه های گیاهی رویش یافته اطراف صنایع شیشه، خاک چینی، کاشی و سرامیک اردکان بیشترین مقادیر APTI در گونه ای درختی انار (*Punica granatum*) با مقدار ۱۶/۸۰ و کمترین در گونه درمنه (*Artemisia*) با مقدار ۴/۷۰ گزارش نمودند. همچنین در مطالعه Leghari و همکاران (۲۰۱۹) شاخص تحمل به آلودگی هوا در گونه های گیاهی توت سفید، زبان گنجشک، اقاقیا، کاج مدیترانه، سویا، انجیر، سیب، سرو خمره ای و پسته که در کمربند سبز کنار جاده ای شهرستان کویته در استان بلوچستان پاکستان رویش یافته بودند به ترتیب برابر با ۲۲/۶۶، ۲۳/۲۹، ۲۰/۳۹، ۲۶/۲۶، ۲۲/۱۰، ۲۴/۷۳، ۲۲/۲۰، ۲۲/۲۶ و ۲۶/۷۴ گزارش شد. با توجه به اثرات آلاینده های خروجی از اگزوز وسایل نقلیه بر محیط زیست، اقتصاد و از همه مهم‌تر سلامتی انسان و نیز با توجه به رشد روزافزون وسایل نقلیه در کلان شهرها، این مطالعه آزمایشگاهی با هدف بررسی تاثیر دود ناشی از احتراق بنزین در موتور بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان آپارتمانی به ویژه شاخص تحمل به آلودگی هوا در سه گونه گیاه آپارتمانی شفلرا (*Schefflera arboricola*)، بنت القنسول (*Euphorbia pulcherrima*) و دیفن باخیا (*Dieffenbachia amoena*) صورت گرفت. در نهایت با استفاده از معیار شاخص تحمل به آلودگی هوا به یک ارزیابی صحیح و جامع درباره ای اولویت انتخاب گونه گیاهی مناسب جهت توسعه فضای سبز آپارتمان ها خواهیم رسید.

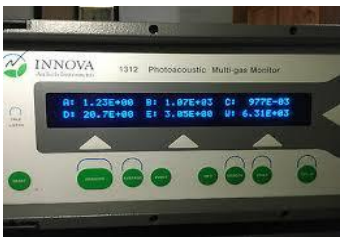
## ۲.مواد و روش

این مطالعه آزمایشگاهی در مجتمع گلخانه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در دو گروه شاهد و تیمار با ۳ تکرار صورت گرفت. گونه‌های گیاهی مورد بررسی در این پژوهش شامل سه گونه آپارتمانی شفلرا (*Schefflera arboricola*)، بنت القنسول (*Euphorbia pulcherrima*) و دیفن باخیا (*Dieffenbachia amoena*) بود. در ابتدا ۶ عدد از هر کدام از گیاهان مورد بررسی با در نظر گرفتن شرایط رویشی یکسان از یکی گلخانه‌های شهر یزد تهیه شد. در مرحله بعد نمونه‌های شاهد و تیمار در اتاقک های مجزا قرار گرفتند. سپس نمونه های تیمار به مدت ۳ ماه و هر روز به مدت ۲ ساعت با فواصل تیماردهی۲۰ دقیقه در ساعات مشخصی در معرض دود خروجی اگزوز موتور قرار گرفتند. در این تحقیق تیماردهی با استفاده از دود حاصل از احتراق سوخت بنزین معمولی انجام شد. ترکیب سوخت مورد

استفاده در این تحقیق به صورت: گوگرد کم (۵۰ ppm)، ۱٪ بنزن، ۲/۵٪ اکسیژن و عدم وجود سرب بود (Alipour mohajer *et al*., 2019). با روشن نمودن موتور در حالت استارت، اگزوز موتورسیکلت باعث تولید اکسیدهای گوگرد، ذرات معلق حاوی هیدروکربنهای نسوخته و ترکیبات آلی فرار، اکسیدهای نیتروژن، دی اکسید و مونوکسید کربن گردید. اما جهت ایجاد تنش در گیاهان، غلظت متوسط ۷۰۰ ppm آلاینده های نظیر مونوکسید کربن، دی اکسید کربن، تولوئن و سولفور هگزا فولوراید، به عنوان متوسط غلظت مواجهه گیاهان در نظر گرفته شد. اگرچه به دلیل تفاوت غلظت آلاینده های خروجی از اگزوز، غلظت مونوکسید کربن، دی اکسید کربن، تولوئن و سولفور هگزا فولوراید در طول مرحله تنش دهی گیاهان با دود دارای نوساناتی بیشتر و کمتر از ۷۰۰ ppm بود اما تیماردهی به گونه ای انجام شد که هر گیاه در هر بار تنش حداقل در معرض ۷۰۰ ppm از این آلاینده ها قرار گیرد. به منظور کنترل دقیق غلظت آلاینده‌های مذکور در اتاقک تیمار گیاهان، از دستگاه تنظیم کننده Photoacousticmulti Gas Monitor 1312 که تنها قادر به اندازه گیری مونوکسید کربن، دی اکسید کربن، تولوئن و سولفور هگزا فولوراید می باشد، استفاده شد. در مدّت تنش‌دهی نمونه‌ها، هفته‌ای ۲ بار آبیاری شدند. در پایان یک دوره ۹۰ روزه که نمونه‌ها تقریبا ۹۰ بار تحت تیمار قرار گرفته بودند، نمونه برداری از برگ گیاهان صورت گرفت تا با اندازه گیری صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی میزان تحمل پذیری آن ها در مقابل آلاینده ها ارزیابی شود.

(آ)

(ب)




(پ)

**شکل ۱ -نمایی از برخی گیاهان شاهد (آ) و تحت تنش آلاینده های گازی (ب) و همچنین نمایی از دستگاه پایش آلاینده ها (پ)**

بعد از نمونه‌برداری از برگ گیاهان، نمونه‌ها با یخ خشک به آزمایشگاه منتقل گردید. برای ارزیابی تحمل‌پذیری گونه‌های مورد مطالعه در مقابل آلاینده ها دو پارامتر فیزیولوژیک محتوای رطوبت نسبی و pH عصاره برگ و دو پارامتر بیوشیمیایی اسید آسکوربیک و کلروفیل کل اندازه گیری شد. محتوای رطوبت نسبی (RWC) نمونه ها با توزین مقداری از برگ تازه گیاهان و سپس توزین وزن خشک نمونه ها با قرار دادن آن ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدّت ۴۸ ساعت به دست آمد. در نهایت با استفاده از رابطه۱ محتوای آب نسبی گزارش گردید.

$$RWC\% = ((Wt - Wd)/Wt) \times 100 \quad (۱)$$

در این رابطه Wt وزن تر و Wd وزن خشک نمونه‌های مورد بررسی است (Elloumi *et al*., 2019). برای اندازه گیری pH عصاره برگ، ۲ گرم وزن تازه برگ با ۲۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر داخل هاون چینی ساییده شد. در نهایت pH عصاره برگ نمونه ها با سانتریفیوژ نمودن

محتویات هاون به مدّت ۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ و در نهایت قرائت pH با استفاده از pH متر به دست آمد (Tak and Kakde, 2017). برای اندازه‌گیری کلروفیل نمونه ها، ۰/۵ گرم از وزن تر هر نمونه برگ با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون ساییده شد. برای به دست آوردن عصاره شفاف، نمونه حاصل با دور ۴۰۰۰ به‌مدّت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در نهایت غلظت کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر کالیبره شده با استون ۸۰ درصد در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید. میزان جذب در دو طول موج موردن نظر در روابط زیر جایگذاری و مقادیر کلروفیل a رابطه۲، کلروفیلb رابطه ۳ و کلروفیل کل رابطه ۴ محاسبه گردید.

کلروفیل a =(19.3 × A663) -(0.086 × A645) V/100 W (۲)

کلروفیل b=(19.3 × A645) – ( 3.6 ×A663) V/100 W (۳)

کلروفیل کل = کلروفیل a +کلروفیل b (۴)

در روابط فوق پارامترهای V و W به ترتیب بیانگر حجم نهایی نمونه ی استخراج شده و وزن تر نمونه است (Pandey *et al.*, 2015). برای اندازه‌گیری اسید آسکوربیک ۱ گرم از وزن تر برگ به همراه ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۵٪ اسید متافسفریک در هاون چینی به‌طور کامل ساییده و نمونه‌های حاصله با دور g ۸۰۰۰ به مدّت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید تا محلول شفاف به دست آید. در مرحله بعد ۱ میلی‌لیتر از محلول شفاف حاصل از سانتریفیوژ، ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول سه میلی‌مولار نمک سدیم ۶،۲- دی‌کلرو ایندوفنل اضافه شد تا اسید آسکوربیک را به اسید دهیدروآسکوربیک اکسید کند. محلول شاهد با استفاده از ۱ میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۵٪ و افزودن ۰/۵ میلی-لیتر محلول ۳ میلی‌مولار نمک سدیم ۶،۲- دی‌کلروایندو فنل آماده گردید. در مرحله بعد ۱ میلی‌لیتر تیواوره ۱٪ به نمونه‌ها و شاهد اضافه شد. سپس ۱ میلی‌لیتر محلول ۱۰ میلی‌مولار از ۴،۲- دی‌نیتروفنیل‌هیدرازین به نمونه‌ها و استانداردها اضافه شد تا مشتق ۴،۲- دی‌نیتروفنیل-هیدرازین از اسید دهیدروآسکوربیک تشکیل شود، ولی به محلول شاهد ۱ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۲۰٪ اضافه شد. همه لوله‌ها به مدّت ۱ ساعت در حمام آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته شدند، سپس به مدّت ۲۰ دقیقه در حمام یخ ماندند. سپس ۲/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۸۵٪ به نمونه‌های واقع در حمام یخ به‌طور تدریجی افزوده شد. مجدداً همه لوله‌ها در حمام یخ به مدّت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. سپس ۱ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۲۰٪ به نمونه‌ها و استانداردها و ۱ میلی‌لیتر از محلول ۱۰ میلی‌مولار ۴،۲- دی‌نیتروفنیل‌هیدرازین به لوله شاهد اضافه شد. مقدار جذب در مقایسه با شاهد تهیه شده در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Gomez *et al.*, 2002). بعد از اندازه‌گیری چهار پارامتر محتوای آب نسبی، pH عصاره برگ، کلروفیل کل و اسید آسکوربیک با استفاده از رابطه ۳-۸ شاخص تحمّل آلودگی هوا محاسبه شد.

APTI =(AA(Tcl + pH) + RWC) /10 (۵)

در رابطه فوق منظور از AA اسید آسکوربیک، Tcl کلروفیل کل، pH پی اچ عصاره برگ و RWC محتوای آب نسبی است (Elloumi *et al.*, 2018). در این مطالعه علاوه بر پارامترهای موردنیاز شاخص تحمل به آلودگی هوا، پارامترهای بیوشیمیایی دیگری نظیر قند محلول و پرولین برای سنجش میزان تنش وارده به گیاه اندازه‌گیری شدند. به این منظور برای اندازه گیری پرولین

ابتدا مقدار ۰/۵ گرم از برگ تر گیاه را توزین و در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده و سپس نمونه‌ها صاف گردید. همزمان اقدام به ساختن استانداردها شد. آن‌گاه به ۱ میلی‌لیتر از نمونه‌ها و هم‌چنین استانداردها، ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین اضافه گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص اضافه و سپس لوله‌ها در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدّت ۱ ساعت و بعد از آن به مدّت ۳۰ دقیقه در حمام یخ قرار گرفتند تا کاملاً سرد شوند. آن‌گاه به هر لوله‌ی آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه و به مدّت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم زده شد. با کالیبره نمودن دستگاه اسپکتروفتومتر با تولوئن میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید (Abraham *et al.*, 2010). برای سنجش قندهای محلول، ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی اضافه گردید. با برداشتن ۱ میلی‌لیتر از محلول فوقانی از نمونه‌ها و اضافه نمودن ۱ میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ، با تثبیت رنگ اقدام به قرائت قندهای محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر شد. قابل ذکر است اسپکتروفتومتر با استفاده از ۱ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد، یک میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ کالیبره شد (Gomez *et al.*, 2002).

کلیه تجزیه و تحلیل های آماری داده ها در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت. به این منظور ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نرمال نبودن داده‌ها اقدام به تبدیل آنها گردید. سپس به منظور بررسی اختلاف بین فاکتورهای مختلف در شاهد و تیمار از آزمون t مستقل استفاده شد. همچنین برای بررسی فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه گیری شده در سه گونه دیفن‌باخیا، شفلرا و بنت‌القنسول از آنالیز واریانس یک‌طرفه و همچنین برای مقایسه چندگانه نیز از آزمون دانکن استفاده شد.

## ۳.نتایج

نتایج حاصل از بررسی آزمون t مستقل برای مقایسه فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان شاهد و تیمار گونه آپارتمانی دیفن‌باخیا نشان داد میزان شاخص تحمّل آلودگی هوا در گیاهان تیمار (میانگین=۹/۸۷ و انحراف معیار= ۰/۲۶) در مقایسه با گیاهان شاهد (میانگین= ۱۰/۵۵ و انحراف معیار= ۰/۲۶) از لحاظ آماری به طور معنی داری کمتر بوده است (p-value<۰/۰۵ و $t(۴) = ۰/۶۸$). در حالی که برای سایر پارامترهای مورد بررسی تفاوت ها میان گیاهان شاهد و تیمار معنی دار نبود (جدول ۱).

**جدول ۱- نتایج آزمون t برای فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان شاهد و تیمار دیفن‌باخیا**

| منابع تغییر | درجه آزادی | پی اچ عصاره برگ | اسید آسکوربیک | کلروفیل کل | محتوای آب نسبی | شاخص تحمل به آلودگی هوا | پرولین | قندهای محلول |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تفاوت میانگین ها | ۴ | ۰/۰۳ | ۰/۲۱ | ۰/۱۸ | ۱/۶۳ | ۰/۶۸ | ۰/۳۵ | -۱۶/۲۱ |
| p-value | - | ۰/۷۶ | ۰/۱۵ | ۰/۹۴ | ۰/۰۹ | ۰/۰۳* | ۰/۹۱ | ۰/۷۱ |
| خطا معیار | - | ۰/۱۰ | ۰/۱۲ | ۲/۵۶ | ۰/۷۵ | ۰/۲۰ | ۲/۹۴ | ۴۰/۷۶ |

*وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد

همچنین نتایج آزمون t مستقل برای گیاه شفلرا نشان داد از بین فاکتورهای مورد مطالعه، محتوای نسبی آب در گیاهان تیمار (میانگین=۷۳/۴۲ و انحراف معیار= ۰/۴۸) در مقایسه با گیاهان شاهد (میانگین=۷۹/۵۲ و انحراف معیار= ۰/۷۳) از لحاظ آماری به طور معنی داری کمتر بوده است (p-value<۰/۰۱ و t(۴)=۶/۱۰). میزان پرولین گیاهان تیمار (میانگین=۴/۴۷ و انحراف معیار= ۰/۲۶) در مقایسه با گیاهان شاهد (میانگین=۵/۶۲ و انحراف معیار= ۰/۵۸) از لحاظ آماری به طور معنی داری کمتر بود (p-value<۰/۰۵ و t(۴) =۰/۳۴). برای سایر فاکتورهای اندازه‌گیری شده شامل اسیدیته، اسید آسکوربیک، کلروفیل کل، شاخص تحمّل آلودگی هوا و قندهای محلول از لحاظ آماری تفاوت معناداری بین گیاهان شاهد و تیمار مشاهده نشد (جدول ۲).

نتایج مربوط به گیاه بنت القنسول نشان داد برای فاکتور-های اندازه‌گیری شده از لحاظ آماری تفاوت معناداری بین گیاهان شاهد و تیمار وجود ندارد (جدول ۳).

**جدول ۲- نتایج آزمون t برای فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان شاهد و تیمار شفلرا**

| منابع تغییر | درجه آزادی | پی اچ عصاره برگ | اسید آسکوربیک | کلروفیل کل | محتوای آب نسبی | شاخص تحمل به آلودگی هوا | پرولین | قندهای محلول |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تفاوت میانگین ها | ۴ | -۰/۱۲ | -۰/۲۴ | ۱/۳۶ | ۶/۱۰ | ۰/۰۶ | ۱/۱۵ | -۴۲/۷۷ |
| p-value | - | ۰/۵۶ | ۰/۲۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۰** | ۰/۸۹ | ۰/۰۳۴* | ۰/۰۹ |
| خطا معیار | - | ۰/۱۹ | ۰/۱۹ | ۰/۶۰ | ۰/۵۰ | ۰/۴۳ | ۰/۳۶ | ۱۹/۳۱ |

* **وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد** ** **وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد.**

**جدول ۳- نتایج آزمون t برای فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان شاهد و تیمار بنت‌القنسول**

| منابع تغییر | درجه آزادی | پی اچ عصاره برگ | اسید آسکوربیک | کلروفیل کل | محتوای آب نسبی | شاخص تحمل به آلودگی هوا | پرولین | قندهای محلول |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تفاوت میانگین ها | ۵ | -۰/۳۰ | ۰/۵۲ | -۰/۴۸ | ۱/۹۰ | ۱/۵۵ | -۰/۶۵ | -۵۵/۴۷ |
| p-value | - | ۰/۱۵ | ۰/۶۲ | ۰/۸۳ | ۰/۴۰ | ۰/۴۸ | ۰/۹۴ | ۰/۱۷ |
| خطا معیار | - | ۰/۱۸ | ۱/۰۲ | ۲/۲۰ | ۲/۰۸ | ۲/۰۴ | ۹/۷۶ | ۳۴/۵۷ |

* **وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد.**

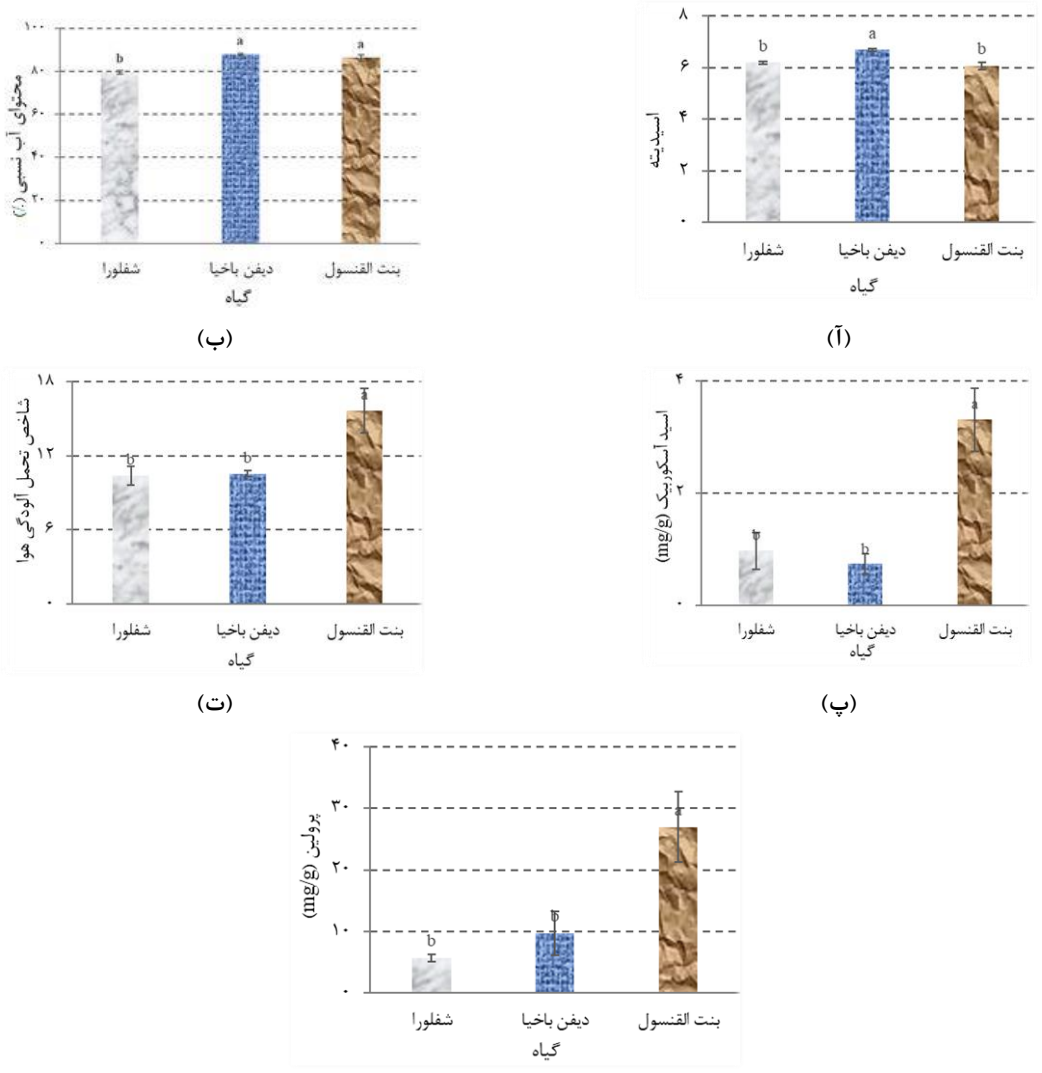
نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای نشان دادن وجود اختلافات معنی دار بین گونه های گیاهی دیفن باخیا، شفلرا و بنت القنسول به لحاظ انواع صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. مطابق نتایج بین گونه های گیاهی مورد بررسی از لحاظ pH عصاره برگ (p-value=۰/۰۰ و F(۲،۶)=۳۸/۶۰)، اسید آسکوربیک (p-value=۰/۰۰ و F(۲،۶)=۱۷/۳۷)، محتوای آب نسبی (p-value=۰/۰۰ و F(۲،۶)=۱۱/۲۴)، پرولین (p-value=۰/۰۰ و F(۲،۶)=۲۵/۲۷) و شاخص تحمل به آلودگی هوا (p-value=۰/۰۰ و F(۲،۶)=۶۳/۴۱) اختلاف معنی داری وجود دارد.

**جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس فاکتورهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بین گونه های گیاهی دیفن‌باخیا، شفلرا و بنت القنسول تحت تنش**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | پی اچ عصاره برگ | اسید آسکوربیک | کلروفیل کل | محتوای آب نسبی | شاخص تحمل به آلودگی هوا | پرولین | قندهای محلول |
| فاکتور | ۸ | ۰/۳۳ | ۳/۴۱ | ۱۲/۸۳ | ۳/۱۶ | ۵۸/۴۸ | ۳۸۵/۶۵ | ۴۶۹/۰۲ |
| خطا | - | ۰/۰۱ | ۰/۲۰ | ۵/۳۲ | ۰/۲۸ | ۰/۹۲ | ۱۵/۲۶ | ۸۶۴/۱۰ |
| F | - | ۳۸/۶۰ | ۱۷/۳۷ | ۲/۴۱ | ۱۱/۲۴ | ۶۳/۴۱ | ۲۵/۲۷ | ۰/۵۴ |
| P-value | - | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۱۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۶۰ |

نتایج دیگر نشان داد بیشترین میزان اسیدیته در گیاه آپارتمانی دیفن باخیا است که با گیاهان شفلرا و بنت القنسول از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۲-آ). نتایج همچنین نشان داد گیاهان آپارتمانی مورد بررسی از نظر محتوای آب نسبی اختلاف معنی‌داری دارند. بیشترین محتوای آب نسبی در دیفن باخیا اندازه-گیری شد که اختلاف معنی‌داری با گیاه بنت القنسول نداشت. کمترین محتوای آب نسبی در گیاه شفلرا اندازه گیری شد که نسبت به دیفن باخیا ۸/۳ واحد و نسبت به بنت القنسول ۶/۷۶ واحد کمتر بود (شکل ۲-ب). بیشترین محتوای اسید آسکوربیک در گیاه بنت القنسول اندازه‌گیری شد که دارای اختلاف معنی‌داری با دو گیاه دیفن باخیا و شفلرا داشت. محتوای اسید آسکوربیک در گیاه بنت القنسول نسبت به گیاه دیفن باخیا ۲/۵۷ واحد و نسبت به گیاه شفلرا ۲/۳۳ واحد بیشتر بود (شکل ۲-پ). نتایج محاسبه شاخص تحمل به آلودگی هوا در گیاهان نشان داد، از بین گونه های گیاهی آپارتمانی مورد بررسی گیاه بنت القنسول نسبت به دو گیاه دیفن باخیا و شفلرا دارای بیشترین تحمل‌پذیری است. دو گیاه دیفن باخیا و شفلرا از نظر تحمل‌پذیری به آلودگی هوا اختلاف معنی‌داری با یک دیگر نداشتند (شکل ۲-ت). بیشترین میزان پرولین در گیاه بنت القنسول مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با دو گیاه دیفن باخیا و شفلرا داشت.

دو گیاه دیفن باخیا و شفلرا از نظر پرولین تفاوت معنی-داری با یک دیگر نداشتند. نتایج دیگر نشان داد میزان پرولین در گیاه دیفن باخیا و شفلرا نسبت به گیاه بنت القنسول به ترتیب ۱۷/۴۱ و ۲۱/۳۵ واحد کمتر است (شکل ۲- ث و ج).




**شکل ۲-نتایج آزمون دانکن برای فاکتورهای pH عصاره برگ (آ)، محتوای آب نسبی (ب)، اسید آسکوربیک (پ)، شاخص تحمل به آلودگی هوا (ت) و پرولین (ث) در سه گونه شفلرا، دیفن باخیا و بنت القنسول. ستون با حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار است.**

## ۴.بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش مشخص شد که تنش آلودگی هوا ناشی از احتراق سوخت بنزین در موتور تنها بر روی تعداد کمی از فاکتورهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاهان مورد بررسی تاثیر گذار بود. تجمع پرولین یک پاسخ متداول به تنش آلودگی هوا در گیاهان عالی است. پرولین نقش اسمولیت

و نقش پاک کننده رادیکال های آزاد در گیاهان بر عهده دارد. زیرا می‌تواند بدون اینکه مولکول های بزرگ سلول را تخریب کند، در غلظت های زیاد در سلول تجمع یابد. در تحقیق حاضر، محتوای پرولین در گیاه بنت القنسول نسبت به دو گیاه دیگر بیشتر بود. احتمالا افزایش میزان اسید آمینه پرولین همراه با سایر شاخص‌ها، درجه تحمل پذیری بنت‌القنسول را برای مقابله با آلاینده های گازی افزایش داده است. نتایج Omidi و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تاثیر آلودگی هوا بر میزان پرولین گونه افرا زینتی *Acer negundo L.* نشان داد، در اثر افزایش آلودگی هوا میزان پرولین گیاه افزایش می‌یابد. هیدرات‌های کربن به‌عنوان محافظت کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول هستند و در پاسخ به تنش‌های محیطی انباشته می‌شوند. در واقع در شرایط تنش به دلیل کاهش قدرت انتقال قندها در آوند آبکش و کم شدن مصرف آن‌ها در اندام مصرف کننده، میزان قند در سلول‌های برگ افزایش می‌یابد (Konigshofer *et al*., 2015). در برخی منابع انتخاب گونه‌های مقاوم به تنش از طریق تعیین میزان قند محلول روشی آسان و مفید معرفی شده است. در این تحقیق اگرچه نتایج آزمون های آماری نشان داد تفاوت معنی داری بین گونه‌های گیاهی از نظر قند محلول وجود نداشت اما نتایج توصیفی آن‌ها نشان داد بیشترین میزان قند محلول به مقدار ۱۶/۶۹میلی‌گرم بر گرم مربوط به گیاه بنت القنسول و کمترین آن مربوط به گیاه دیفن باخیا به مقدار ۱۱/۱۲ میلی‌گرم بر گرم بود. این مطلب به نوعی می‌تواند تایید کننده مقاوم بودن گیاه بنت القنسول بدون در نظر گرفتن مقادیر شاخص تحمل به آلودگی هوا باشد. نتایج حاصل مطابق یافته‌های Bamniya و همکاران (۲۰۱۲) و Omidi و همکاران (۲۰۱۸) است. نتایج تحقیقات نشان داده است، افزایش میزان کربوهیدرات‌ها و دیگر متابولیت‌ها باعث کاهش پتانسیل اسمزی می شود در نتیجه محتوای آب نسبی گیاهان افزایش می یابد. در این تحقیق محتوای آب نسبی گونه های مورد مطالعه در محدوده ۷۲/۵۲ تا ۸۶/۲۸ درصد بود که نمایانگر عدم تنش آبی در گیاهان است. با توجه به اینکه میزان قند محلول در گیاه بنت القنسول بیشتر از دو گیاه دیگر بود بنابراین انتظار می-رفت محتوای آب نسبی هم در این گیاه کمتر از آن دو نباشد، که این نتیجه به‌دست آمد. در مطالعه Soni و Dhankar (۲۰۱۹) محتوای آب نسبی گیاهان *Chlorophytum comosum variegatum*، *Dracaena reflexa* و *Chlorophytum comosum* گیاهان تحت تنش $SO_2$ و $NO_2$ افزایش یافت. تحقیقات نشان داده‌اند، مقدار نسبی آب برگ در گیاهان هرچه بیشتر باشد گیاهان در مواجهه با تنش های غیرزیستی بهتر تعادل فیزیولوژیک خود را حفظ می کنند، بنابراین می توانند در مقابل آلودگی هوا نسبتا مقاوم باشند. محتوای آب نسبی مربوط به نفوذپذیری پروتوپلاسمی سلول‌ها است. محتوای بالای آب در گیاهان به عنوان شاخص مقاومت به خشکی در گیاهان عمل می‌کند و به حفظ تعادل فیزیولوژیک آن در شرایط تنش‌زا مانند قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا هنگامی که میزان تعرق معمولاً زیاد باشد کمک می کند (Muhammad *et al*., 2019). در تحقیق حاضر از نظر آماری محتوای آب نسبی گیاهان تحت تیمار شفلرا کمتر شاهد بود که این موضوع امتیاز منفی برای این گیاه محسوب می‌شود. اما در سایر گونه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. در مطالعه Tak و Kakde (۲۰۱۷) محتوای آب

نسبی در برگ گیاهان روییده در کنار جاده نسبت به گیاهان شاهد کمتر بود. زمانی که گیاهان تحت تاثیر آلاینده‌های هوا به‌ویژه $SO_2$ قرار می‌گیرند، مایعات سلولی آنها هیدروژن زیادی برای واکنش با $SO_2$ تولید می‌کند. زمانی که $SO_2$ از طریق روزنه‌ها وارد فضای درون سلولی می‌شود مقادیر زیادی $H_2SO_4$ تولید می‌گردد، در نتیجه pH مایعات سلولی کاهش می‌یابد. در برخی منابع گزارش گردیده هرچه مقادیر pH عصاره برگ افزایش یابد، توانایی گیاهان در جذب $SO_2$ و $NO_x$ قوی‌تر است. بنابراین ویژگی pH عصاره برگ ممکن است به‌عنوان شاخصی برای دسترسی به میزان آلودگی هوای منطقه ای مورد استفاده قرار گیرد (Zhang *et al.*, 2016). در تحقیق حاضر محدوده اسیدیته گیاهان بین ۶/۰۷ تا ۶/۶۲ اندازه‌گیری شد. دو گیاه بنت القنسول و شفلرا از نظر این پارامتر تفاوت معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند. در کل میزان pH در سه گونه مورد بررسی تقریبا نزدیک به ۷ بود که می تواند بیانگر تحمل پذیری نسبتا مناسب گونه‌های مورد بررسی باشد. در تحقیقات Swami و Chauhan (۲۰۱۵) گزارش شده است که گیاهان با pH کمتر گیاهانی حساسند در حالی که گیاهان با pH نزدیک به ۷ گیاهان متحمل‌تر در مقابل آلودگی هوا هستند. در تحقیق حاضر اختلاف معنی‌داری بین pH گیاهان شاهد و گیاهان تحت تنش آلودگی مشاهده نشد. نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است pH عصاره برگ بعضی از گیاهان تحت شرایط اکولوژیکی متفاوت متغیر است. نتایج Elloumi و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد، pH برگ گیاهان زیتون و خرما تحت شرایط آلوده و غیر آلوده تفاوت معنی‌داری با یک دیگر ندارند اما این اختلاف برای دو گونه *fig* و *white Mulberry* معنی دار بود. همچنین نتایج تحقیقات Muhammad و همکاران (۲۰۱۹) بر روی گیاهان *Bougainvillea glabra* در مناطق آلوده و شاهد نشان داد pH عصاره برگ گیاهان آلوده به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. از مهم‌ترین مکانیسم های دفاعی گیاهان در برابر تنش آلودگی هوا، تولید آسکوربیک اسید (ویتامین C) است که در سم زدایی گونه های فعال و واکنشگر اکسیژن نقش دارد. آسکوربیک اسید جزء چرخه آنتی اکسیداتیو آسکوربیک اسید – گلوتاتیون و ماده کلیدی در شبکه آنتی اکسیدان‌هایی شامل آسکوربیک اسید، گلوتاتیون، آلفاتوکوفرول و مجموعه ای از آنزیم های آنتی اکسیدانی است که $H_2O_2$ را در کلروپلاست، میتوکندری، سیتوپلاسم و آپوپلاست‌ها حذف می‌کنند. این آنتی اکسیدان در غشا داخلی میتوکندری‌ها سنتز می‌شود (Daneshmand, 2013). همچنین گزارش شده است اسید آسکوربیک در غلظت ۱۰ میلی مولار موجب افزایش قندهای محلول و پرولین می‌گردد. چرا که آسکوربات پیش‌ساز اگزالات و تاتارات و همچنین کوفاکتور آنزیم-های دخیل در سنتز گلیکوپروتئین‌های غنی از هیدروکسی پرولین، اتیلن، ژیبرلین و آنتوسیانین است (Hemmati *et al.*, 2018). نتایج اندازه‌گیری آسکوربیک اسید در گونه‌های مورد مطالعه نشان داد، محتوای اسید آسکوربیک در گیاه بنت القنسول نسبت به گیاه دیفن باخیا ۲/۵۷ واحد و نسبت به گیاه شفلرا ۲/۳۳ واحد بیشتر است که این مطلب تایید کننده تحمل پذیری بیشتر گیاه آپارتمانی بنت القنسول نسبت به دو گونه دیگر بود. به‌طوری که نتایج حاصل از محاسبه APTI نشان داد، گیاه بنت القنسول با داشتن مقادیر APTIبرابر با ۱۵/۶۳ بالاترین تحمل پذیری در میان

گیاهان آپارتمانی مورد بررسی دارد. Pandey و همکاران (۲۰۱۵) گیاهان حساس و مقاوم به آلودگی هوا را بر اساس معیار APTI به صورت زیر طبقه بندی نمودند. به این صورت گیاهان با مقادیر APTI بین ۱۷-۳۰ مقاوم، بین ۱۳-۱۶ مقاومت متوسط، بین ۱-۱۳ حساس و کمتر از ۱ خیلی حساس معرفی شدند. بر اساس این طبقه بندی گونه آپارتمانی بنت القنسول در طبقه مقاومت متوسط به آلودگی هوا قرار گرفت. دو گونه آپارتمانی شفلرا و دیفن باخیا به ترتیب با مقادیر APTI برابر با ۱۰/۳۷ و ۱۰/۵۵ در طبقه حساس به آلودگی هوا قرار گرفتند. اگرچه نتایج آزمون آماری نشان داد گیاهان شاهد و تحت تنش شفلرا و بنت القنسول از نظر APTI با یک دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت اما این تفاوت در گیاه دیفن‌باخیا مشاهده شد و گیاه تیمار شاخص تحمل کمتری نسبت به گیاه شاهد داشت و این مطلب نمایانگر حساس بودن گیاه دیفن‌باخیا نسبت به آلودگی هوا بود. نتایج حاصل از تعیین شاخص تحمل به آلودگی هوا در گیاهان آپارتمانی مورد بررسی نشان داد، گونه بنت القنسول نسبت به دو گونه دیفن‌باخیا و شفلرا دارای بیشترین تحمل پذیری است. بنابراین با توجه به تحمل پذیری متوسط گونه آپارتمانی بنت القنسول در برابر دود ناشی از احتراق بنزین در موتور می تواند گزینه ای مناسب تری نسبت به دو گونه دیگر در توسعه فضای سبز آپارتمان ها و ساختمان ها باشد. اگرچه برای کاشت این گونه آپارتمانی لازم است به معیارهای دیگری نیز از جمله نیاز آبی، میزان تعرق، میزان مقاومت در برابر آفات و میزان نگه‌داری آلاینده ها در سطح برگ توجه شود.

## References


Ahmadi Orkomi, A., Kamkar, A., Aghajani, Z. 2019. Spatial and temporal variations of air pollutants from motor vehicles using MOVES software: case study of Beheshti and Modarres boulevards in Rasht. Iranian Journal of Health and Environment, 12, 2, 203-216 (in Persian).

Alipourmohajer, S., Rashidi, Y., Atabi, F. 2019. Verification of IVE Model for SAIPA Co. Fleet Emission. Pollution, 5, 2, 235-45.

Abraham, E., Hourton-Cabassa, C., Erdei, L., Szabados, L. 2010. Methods for determination of proline in plants. Methods in Molecular Biology, 639, 317-331.

Bamniya, B., Kapoor, C., Kapoor, K., Kapasya, V. 2012. Harmful effects of air pollution on physiological activities of Pongamia pinnata (L.) Pierre. Clean Technologies and Environmental Policy, 14, 1, 115-124.

Dehghan, R., Abdolahi, S., Rahimi, M., Nejad Koorki, F., Amini, M. 2019. Investigation of exhaust pollutant emissions in light vehicles compared to technical examination standard and euro 2 (case study: Shiraz city). Iranian Journal of Health and Environment, 12, 3, 437-48 (in Persian).

Dehghan, R., Rahimi, M., Afshani, A., Amini, M. 2019. Comparison of Dispersion of Air Pollutants Carbon Monoxide and Unburned Hydrocarbon Gases in Combustion Chamber of Gas and Gasoline Cars in the Years 2009-2013 in Shiraz. Journal of Environmental Health Enginering, 7, 1, 1-10 (in Persian).

Daneshmand, F. 2013. The effect of ascorbate pre-treatment on tomato plant under drought stress: oxidative stress, osmolytes, phenolics and protein. Iranian Journal of Plant Biology, 5, 18, 53- 67 (in Persian).

Elloumi, N., Mezghani, I., Rouina, B., Ben Abdallah, F. 2018. A Comparative Study of Air Pollution Tolerance Index (APTI) of Some Fruit Plant Species Growing in the Industrial Area of Sfax, Tunisia. Pollution, 4, 3, 439-446.

Gomez, L., Rubio, E., Auge, M. 2002. A new procedure for extraction and measurement of soluble

sugars in ligneous plants. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82, 4, 360-369.

Hemmati, K., Ebadi, A., Khomari, S., Sedghi, M. 2018. The Response of Pot Marigold Plant (Calendula officinalis L.) to Ascorbic Acid and Brassinosteroid under Drought Stress. Journal of Crop Ecophysiology, 12, 2, 191-210 (in Persian).

Kapoor M. 2017. Managing ambient air quality using ornamental plants-an alternative approach. Universal Journal of Plant Science, 5, 1, 1-9.

Konigshofer, H., Loppert, HG. 2015. Regulation of invertase activity in different root zones of wheat (Triticum aestivum L.) seedlings in the course of osmotic adjustment under water deficit conditions. Journal of plant physiology, 183, 130-137.

Leghari, SK., Akbar, A., Qasim, S., Ullah, S., Asrar, M., Rohail, H., Ahmed, S., Mehmood, K., Ali, I. 2019. Estimating Anticipated Performance Index and Air Pollution Tolerance Index of Some Trees and Ornamental Plant Species for the Construction of Green Belts. Polish Journal of Environmental Studies, 28, 3, 1759-1769.

Leung DY. 2015. Outdoor-indoor air pollution in urban environment: challenges and opportunity. Frontiers in Environmental Science, 2, 69, 1-7.

Tak, A., Kakde, UB. 2017. Assessment of air pollution tolerance index of plants: a comparative study. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 9, 7, 83-9.

Muhammad, AM., Huwaishli, NA., Muhammad Ali, S., Jabeen, R. 2019. Use of Bougainvillea glabra Plants in Minimizing Vehicular Pollution in Jazan Area of Saudi Arabia. Bioscience Biotechnology Research Communications, 12, 3, 614-622.

Pandey, AK., Pandey, M., Mishra, A., Tiwary, SM., Tripathi, B. 2015. Air pollution tolerance index and anticipated performance index of some plant species for development of urban forest. Urban Forestry & Urban Greening, 14, 4, 866-871.

Omidi, N., seyedi, n., Banj Shafiei, A., Abbaspour, N. 2018. Effect of Air Pollution Stress on Proline, Carbohydrates and Photosynthetic Pigments in Box Elder (Acer negundo), Case Study: Urmia, Iran. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 31, 3, 682-693 (in Persian).

Shojaee Barjoee, S., Azimzadeh, H., kuchakzadeh, MR., MoslehArani A., Sodaiezadeh, H. 2019. Dispersion and Health Risk Assessment of $PM_{10}$ Emitted from the Stacks of a Ceramic and Tile industry in Ardakan, Yazd, Iran, Using the AERMOD Model. Iranian South Medical Journal, 22, 5, 317-332 (in Persian).

Shojaee Barjoee, S., Azimzadeh, H., MoslehArani A. 2020. Tolerance of Plants to Air Pollution in the Industrial Complex of Glass, Khak-e-Chini, Tile and Ceramics in Ardakan, Iran. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research, 18, 1, 73-92 (in Persian).

Skrynetska, I., Karcz, J., Barczyk, G., Kandziora Ciupa, M., Ciepał, R., Nadgórska Socha, A. 2019. Using Plantago major and Plantago lanceolata in environmental pollution research in an urban area of Southern Poland. Environmental Science and Pollution Research, 26, 23, 23359-23371.

Soni, R., Dhankar, R. 2019. Indoor air pollution and tolerance index of indoor plant in urban homes. Environmental and Ecological Sustainability, 443-451.

Selmi, W., Weber, C., Rivière, E., Blond, N., Mehdi, L., Nowak, D. 2016. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. Urban Forestry & Urban Greening, 17, 192-201.

Swami A, Chauhan D. 2015. Impact of air pollution induced by automobile exhaust pollution on air pollution tolerance index (APTI) on few species of plants. Environmental Science, 4, 3, 342-343.

Salimi, A., Dadkhah Aghdash, H. 2019. Air Pollution Tolerance Index (APTI) of three Tree species Morous alba L., Aillanthus altissima (Mill.)Swingle and Salix babylonica L. in different areas of Tehran city, Iran. Journal of Environmental Studies, 45, 3, 513-524 (in Persian).

Zhang, Pq., Liu, Yj., Chen, X., Yang, Z., Zhu, Mh., Li, Yp. 2016. Pollution resistance assessment of existing landscape plants on Beijing streets based on air pollution tolerance index method. Ecotoxicology and Environmental Safety, 132, 212-223.