Original Article
Journal of Natural Environment 75(2): 226-239 (2022)
Print ISSN: 2008-7764/Online ISSN: 2423-7817
https://jne.ut.ac.ir/

مقاله کامل
نشریه محیط زیست طبیعی
دوره ۷۵، شماره ۲: ۲۲۶-۲۳۹ (۱۴۰۱)

ارزیابی شاخص تحمل آلودگی هوا و شاخص عملکرد پیش‌بینی‌شده گیاهان موجود در فضای سبز (مطالعهٔ موردی: کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان)

زهرا صبوری همت‌آبادی[۱]، مصطفی شیرمردی[۱*]، اکرم بمانی خرانق [۲]، مریم دهستانی اردکانی[۱]، محمد جواد قانعی بافقی[۳]

[۱]گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
[۲]گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
[۳]گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۴**

چکیده

شاخص تحمل به آلودگی هوا، به‌عنوان معیاری برای ارزیابی مقاومت گیاهان نسبت به آلودگی هوا به‌شمار می‌رود. هدف از این مطالعه، ارزیابی شاخص تحمل به آلودگی هوا و شاخص عملکرد پیش‌بینی شده در گیاهان موجود در فضای سبز کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان بود. در فصل بهار ۱۳۹۹، از ۲۶ گونهٔ گیاهی (بوته‌ای، درختچه‌ای و درختی) موجود در محوطهٔ گندله‌سازی اردکان نمونه‌برداری شد. پارامترهای pH عصارهٔ برگ، محتوای نسبی آب، کلروفیل کل و اسید آسکوربیک در برگ‌های کاملاً توسعه یافته اندازه‌گیری شد. با استفاده از این چهار پارامتر، شاخص تحمل به آلودگی هوا تعیین شد. در نهایت با توجه به شاخص تحمل به آلودگی هوا و ویژگی‌های زیستی و اجتماعی- اقتصادی، شاخص عملکرد پیش‌بینی شده تعیین شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های pH عصارهٔ برگ، محتوای نسبی آب، اسید آسکوربیک، کلروفیل کل و شاخص تحمل به آلودگی هوا در ۲۶ گیاه مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P<$ ۰/۰۵). نتایج مقایسهٔ میانگین حاکی از آن بود که بالاترین مقدار شاخص تحمل به آلودگی هوا مربوط به *Yucca filamentosa* (۱۲/۲) و کمترین مقدار مربوط به *Chamaecy paris* sp. (۴/۱) بود. شاخص تحمل به آلودگی هوا در تمام گیاهان کمتر از ۱۵ بود. این مطالعه نشان داد که از شاخص تحمل به آلودگی هوا برای شناسایی گیاهان حساس به آلودگی هوا می‌توان استفاده کرد. نتایج نشان داد که *Phoenix dactylifera*، حداکثر شاخص عملکرد پیش‌بینی شده را داشت (درصد امتیاز برابر ۶۲/۵ و مقدار شاخص عملکرد پیش‌بینی شده برابر ۴) و در ارزیابی این شاخص، ردهٔ خوب را به خود اختصاص داد. *Frankenia laevis* و *Ruellia tuberosa* کمترین مقدار شاخص عملکرد پیش‌بینی شده را داشتند (درصد امتیاز برابر ۱۲/۵ و مقدار شاخص عملکرد پیش‌بینی شده برابر صفر) و از نظر ارزیابی در دستهٔ عدم توصیه قرار گرفتند. از ۲۶ گونهٔ گیاهی مورد مطالعه از نظر شاخص عملکرد پیش‌بینی شده، ۱۱ گیاه در ردهٔ عدم توصیه، ۵ گیاه خیلی ضعیف، ۹ گیاه ضعیف و یک گیاه خوب بود. مطالعهٔ حاضر نشان داد که ارزیابی گیاهان تنها با استفاده از شاخص تحمل به آلودگی هوا مناسب نمی‌باشد اما ترکیب این شاخص با ویژگی‌های زیستی و اجتماعی-اقتصادی برای توصیهٔ گونه‌های گیاهی مناسب برای اهداف بوم‌شناختی مفید می‌باشد.

کلید واژگان: اسید آسکوربیک، آلودگی هوا، حساسیت، شاخص زیستی، مقاومت

*نویسنده مسئول shirmardi@ardakan.ac.ir

مقدمه

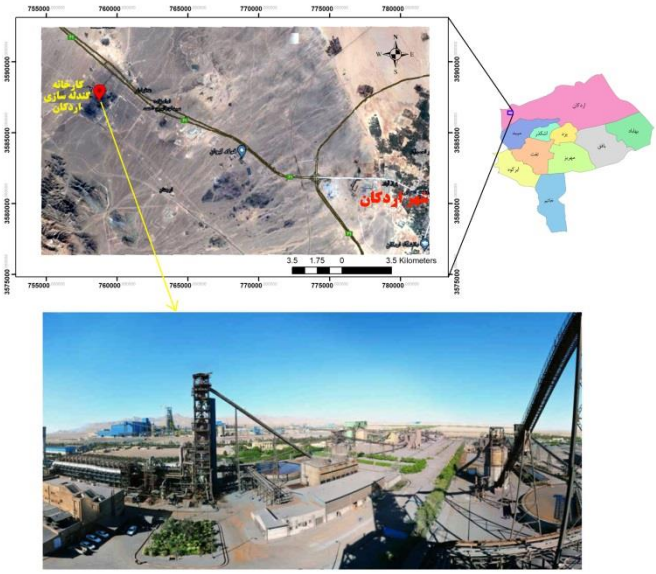
امروزه غلظت‌های بالایی از آلاینده‌ها در هوا وجود دارد که منشاء آن‌ها فعالیت‌های صنعتی، وسایل نقلیه و سوخت‌های فسیلی می‌باشد (Socha *et al*., 2017). اهمیت این منابع آلاینده به‌دلیل صنعتی شدن و افزایش شهرنشینی که منجر به افزایش تقاضای انرژی می‌شود، در سال‌های اخیر گسترش یافته است. در محیط‌های شهری و صنعتی، گیاهان به‌ویژه گونه‌های درختی با جذب گازها، فلزات سنگین و ذرات معلق نقش مهمی در بهبود کیفیت هوا ایفا می‌کند (Socha *et al*., 2017). توسعهٔ کمربند سبز به‌عنوان راهکاری مؤثر در کاهش آلودگی‌های هوا و محیط‌زیست، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در تحقیقات مختلف توانایی گیاهان در جذب آلاینده‌ها و بهبود کیفیت هوا را به‌خوبی نشان داده‌اند (Bharti *et al*., 2018).

گیاهان آلاینده‌های هوا را از طریق جذب توسط برگ‌ها، رسوب ذرات معلق و آئروسول‌ها روی سطح برگ‌ها و رسوب ذرات توسط تاج پوشش گیاهان حذف می‌کنند (Zhao *et al*., 2018). گونه‌های مختلف گیاهان از نظر حساسیت به آلاینده‌های هوا به‌طور قابل توجهی متفاوت هستند. شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان از نظر حساسیت به آلودگی هوا از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا گیاهان حساس می‌توانند به‌عنوان یک شاخص برای بیان وضعیت آلاینده‌ها مورد استفاده قرار گیرند و گیاهان مقاوم نیز جهت کاهش آلاینده‌ها در محیط‌های شهری و صنعتی مورد بهره‌برداری قرار گیرند (Roy *et al*., 2020).

برای تعیین گیاهان از نظر حساسیت یا مقاومت به آلاینده‌های هوا، انتخاب خصوصیت گیاهی که این امر را به‌خوبی انعکاس دهد، از اهمیت زیادی برخوردار است. تعداد زیادی از پارامترهای گیاهی از قبیل آسیب‌دیدگی شاخ و برگ، هدایت برگ، نفوذپذیری غشا، آسکوربیک اسید، محتوای نسبی آب[1]، محتوای کلروفیل، pH عصاره برگ و فعالیت پراکسیداز برای این منظور استفاده می‌شوند. برای نشان دادن سطوح حساسیت یک گیاه، تغییرات ناشی از آلودگی در هر یک از پارامترها با سطح پاسخ گیاه سنجیده می‌شود. با این حال مشاهده شده است که تغییرات ناشی از آلودگی در یک پارامتر نمی‌تواند تصویر دقیقی از وضعیت موجود را فراهم نماید. بنابراین پس از بررسی دقیق سهم اسیدآسکوربیک، کلروفیل، محتوای نسبی آب (Relative Water Content (RWC)) و pH عصارهٔ برگ در تحمل به آلودگی گیاه، این پارامترها در یک فرمول تجربی برای محاسبهٔ شاخص مقاومت به آلودگی هوا[2] مورد استفاده قرار گرفتند (Singh and Rao, 1983). در مطالعات مختلفی از APTI برای تعیین میزان مقاومت گونه‌های گیاهی استفاده شده است. Govindaraju و همکاران (۲۰۱۲)، بیان داشتند که شاخص APTI تنها در ارزیابی اثر آلاینده‌ها بر پارامترهای بیوشیمیایی مؤثر است، اما به‌منظور کاهش آلودگی هوا با توسعهٔ فضای سبز، برخی از ویژگی‌های اجتماعی–اقتصادی و زیستی برای تعیین شاخص عملکرد پیش‌بینی شده[3] (API) باید مد نظر قرار گیرد. Zouari و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی APTI در گیاهان رویش یافته در مناطق صنعتی تونس پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که زیتون و خرما از گیاهان مقاوم به آلودگی هوا می‌باشند. Shojaee و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی APTI در ۱۰ گیاهان بومی رویش یافته پیرامون مجتمع صنعتی شیشه، خاک چینی، کاشی و سرامیک اردکان پرداختند و گزارش کردند گیاه قلم، انار و ابریشم بیشترین APTI را دارا بودند.

مهمترین اثرات محیطزیستی ناشی از توسعهٔ صنعت فولاد شامل آلودگی هوا، صدا، آب، مصرف انرژی و مواد زائد می‌باشد. مدیریت انتشار آلاینده‌ها از منابع صنعتی مطابق با اهداف توسعهٔ پایدار یک مسئله مهم و چالش برانگیز است. همچنین، تصمیم‌گیری و مدیریت در کنترل انتشار آلاینده‌ها با توجه به شاخص‌های مختلف محیط زیستی، اقتصادی،

[1]Relative Water Content (RWC)
[2]Air Pollution Tolerance Index (APTI)
[3]Anticipated performance index (API)



شکل ۱- موقعیت مکانی کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان.

اجتماعی و عملیاتی پیچیده است. به‌منظور کاهش عوارض ناشی از انتشار آلاینده‌ها روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از روش‌های سازگار با محیطزیست استفاده از فضای سبز در جهت کاهش میزان آلاینده‌های موجود در هوا می‌باشد. با توجه به این‌که تاکنون مطالعه‌ای در زمینه ارزیابی APTI و API در گندله‌سازی اردکان صورت نگرفته است، این مطالعه با هدف مقایسهٔ حساسیت گیاهان مختلف کشت‌شده در فضای سبز گندله‌سازی اردکان به آلودگی هوا بر اساس مقدار APTI و API انجام شد. در این بررسی معرفی گونه‌های گیاهی مناسب به‌منظور کاهش میزان آلودگی هوا (برای اهداف بوم‌شناختی براساس ترکیب پارامترهای بیوشیمیایی و ارزیابی آن‌ها با شاخص APTI همراه با ویژگی‌های زیستی و اجتماعی-اقتصادی) انجام شد که می‌تواند گام مؤثری در جهت توسعهٔ فضای سبز کارآمد به‌منظور کاهش عوارض آلاینده‌ها در منطقه باشد.

مواد و روش ها

منطقهٔ مورد مطالعه: کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان در ۲۰ کیلومتری شمال غرب شهر اردکان و در حاشیه جاده اردکان- عقدا در مساحتی حدود ۱۰۰۰ هکتار احداث شده و با موقعیت جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴۰ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۳ دقیقه و ۱۲ ثانیه عرض شمالی روی دشتی نسبتاً هموار و در ارتفاع تقریبی ۱۵۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). متوسط بلند مدت دمای سالیانه و بارندگی در این شهرستان به‌ترتیب ۱۹ درجه سانتی‌گراد و ۶۴/۹ میلی‌متر می‌باشد. کارخانه گندله‌سازی اردکان با ظرفیت تولید سالانه ۳/۴ میلیون تن گندله از کنسانتره سنگ آهن، حلقهٔ واسط میان معدن سنگ آهن و کارخانجات تولید فولاد می‌باشد. محصول این کارخانه، مادهٔ اولیه اصلی برای تولید آهن اسفنجی است که با استفاده از روش احیاء در تولید شمش فولادی بکار می رود.

نمونه‌برداری و تعیین خصوصیات گیاهی: در بهار ۱۳۹۹ از گیاهان موجود در محوطهٔ گندله‌سازی اردکان نمونه‌برداری شد که نام گیاهان در جدول ۱ ارائه شده است. گیاهان مورد ارزیابی در یک محل وجود داشته و از نظر پارامترهای خاکی، مدیریت آبیاری و سایر مدیریت‌ها شرایط یکسانی داشتند. ابتدای روز، نمونه‌های برگ تازه کاملاً توسعه یافته از جهات مختلف، از گونه‌های گیاهی مورد مطالعه تهیه شد. از هر گیاه حدود ۲۰۰ گرم نمونهٔ برگی تهیه و بلافاصله برای تعیین RWC به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های باقی‌مانده برای آنالیزهای بعدی در یخچال نگهداری شدند. در این گیاهان شاخص‌های pH عصاره برگ، RWC، اسید آسکوربیک،

جدول ۱- اسامی علمی گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در این تحقیق.

ردیف	نام علمی	نام گیاه	ردیف	نام علمی	نام گیاه
۱	*Dodonaea Viscosa*	شمشاد ناترک	۱۴	*Tamarix gallica*	شاه گز
۲	*Olea europaea* L.	زیتون	۱۵	*Juniperus horizotalis*	ارس خزنده
۳	*Tradescantia pallida*	برگ بیدی عنابی	۱۶	*Pinus mugo*	کاج مشهد
۴	*Bougainvillea spectabilis*	گل کاغذی صورتی	۱۷	*Yucca filamentosa*	یوکا
۵	*Oenothera speciose*	گل مغربی صورتی	۱۸	*Callistemon citrinus*	شیشه شور
۶	*Pinus roxburghii*	کاج کاشفی	۱۹	*Phoenix dactylifera*	نخل
۷	*Frankenia laevis*	فرانکنیا	۲۰	*Chamaecy paris sp.*	کامیس پاریس
۸	*Ligustrum japonicum* Texanum	یاس هلندی	۲۱	*Punica granatum*	انار
۹	*Lantana camara*	شاه پسند	۲۲	*Rosmarinus officinalis*	رزماری
۱۰	*Ulmus carpinifolia*	اوجا	۲۳	*Cupressus sempervirens var. fastigiate*	سرو شیراز
۱۱	*Cyperus alternifolius*	نخل مرداب	۲۴	*Berberis julianae*	زرشک زینتی
۱۲	*Melia azedarach*	زیتون تلخ	۲۵	*Ulmus densa*	نارون چتری
۱۳	*Ruellia tuberosa*	اطلسی مکزیکی	۲۶	*Nerium oleander*	خرزهره

محتوای کلروفیل کل در آزمایشگاه تعیین شد. در این تحقیق هر گیاه به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و برای هر گونهٔ گیاهی سه گیاه به‌عنوان سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت.

pH عصارهٔ برگ: pH عصارهٔ برگ به روش Prasad و Rao (۱۹۸۲) تعیین شد. بدین منظور یک گرم از برگ تازه را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌صورت یکنواخت درآمده و بعد از سانتریفیوژ کردن، pH در محلول رویی با pH متر مدل Metrohm 644 اندازه‌گیری شد.

RWC: RWC با روش Henson و همکاران (۱۹۸۱) تعیین شد. در این روش، وزن برگ تازه، وزن برگ اشباع (پس از قرارگیری در آب مقطر به‌مدت ۴ ساعت) و وزن برگ خشک (بعد از قرار گیری در دمای ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت) تعیین و با استفاده از رابطه زیر RWC به‌دست آمد.

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW} \times 100$$

در این رابطه FW، TW و DW به ترتیب وزن تازه، اشباع و خشک برگ می‌باشد.

اسید آسکوربیک: آسکوربیک اسید به روش Bajaj و Kaur (۱۹۸۱) تعیین شد. در این روش، ابتدا با استفاده از محلول-های اسید استیک–اسید متافسفریک و اسید سولفوریک در حضور معرف مولیبدات آمونیوم نمونه تهیه و در طول موج ۷۶۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل JENUS-UV- 1200) جذب نمونه‌ها تعیین شد. از محلول استاندارد اسید آسکوربیک جهت تهیهٔ منحنی کالیبراسیون استفاده شد.

کلروفیل کل: کلروفیل کل به روش Arnon (۱۹۴۹) تعیین شد. به این صورت که به نیم گرم از برگ تازه ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه و بعد از مخلوط کردن، با استفاده از سانتریفیوژ محلول رویی جدا شد. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل JENUS-UV- 1200) در طول

جدول ۲- درجه‌بندی گونه‌های گیاهی بر اساس شاخص‌های APTI و خصوصیات زیستی، اقتصادی و اجتماعی (Govindaraju *et al.*, 2012).

شاخص درجه‌بندی		الگوی ارزیابی	درجهٔ اختصاص داده شده
۱) مقاومت	APTI	۹-۱۲	+
		۱۲/۱-۱۵	++
		۱۵/۱-۱۸	+++
		۱۸/۱-۲۱	++++
		۲۱/۱-۲۴	+++++
۲) زیستی و اقتصادی اجتماعی	عادت گیاهی[1]	کوچک	-
		متوسط	+
		بزرگ	++
ساختار لامینار	ساختار کنوپی	پراکنده / نامنظم / کروی	-
		تاج گسترده / باز / نیمه متراکم	+
		متراکم گسترده	++
	نوع گیاه	خزان دار	-
		همیشه سبز	+
	اندازه	کوچک	-
		متوسط	+
		بزرگ	++
	بافت	صاف	-
		چرمی	+
	مقاومت	کم طاقت	-
		پرطاقت	+
	ارزش اقتصادی	کمتر از سه استفاده	-
		سه یا چهار استفاده	+
		بیش از چهار استفاده	++

موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر جذب نمونه‌ها قرائت و با استفاده از فرمول زیر کلروفیل کل تعیین شد.

$$\text{Total chlorophyll (mg/g of fresh weight)} = (20.2\,(A_{645}) + 8.02\,(A_{663})) \times V/\,(1000 \times W)$$

در این رابطه A_{645} و A_{663} به‌ترتیب جذب در طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر، V: حجم نمونه و W: وزن نمونه می‌باشد.

شاخص APTI: شاخص APTI با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه خواهد شد (Singh and Rao, 1983).

$$ATPI = \frac{A * (T + P) + R}{10}$$

در این معادله، A: محتوای اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در گرم برگ تازه)، T: کلروفیل کل در برگ (میلی‌گرم در گرم برگ تازه)، P: pH عصارهٔ برگ و R: RWC (٪) می‌باشد.

در نهایت با استفاده از شاخص APTI و خصوصیات زیستی، اقتصادی و اجتماعی و با توجه به جدول زیر، API[4] تعیین شد. برای هر گیاه ابتدا از نظر شاخص‌های ارائه شده در جدول ۲، مثبت یا منفی مشخص خواهد شد. در نهایت تمام مثبت‌ها با هم جمع و بر ۱۶ تقسیم و به‌صورت درصد بیان خواهد شد. عدد ۱۶ تعداد تمام مثبت‌ها می‌باشد.

آنالیز آماری: آنالیز واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. مقایسات میانگین با آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

شاخص API: در نهایت با توجه به جدول ۳، گیاه مورد نظر جهت توصیه برای کشت تعیین شد.

[4] Anticipated Performance Index

جدول ۳- API برای گیاهان مختلف بر اساس شاخص‌های تعیین‌شده.

درجه	امتیاز (٪)	چارچوب ارزیابی
۰	بیش از ۳۰	عدم توصیه
۱	۳۱-۴۰	خیلی ضعیف
۲	۴۱-۵۰	ضعیف
۳	۵۱-۶۰	متوسط
۴	۶۱-۷۰	خوب
۵	۷۱-۸۰	خیلی خوب
۶	۸۱-۹۰	عالی
۷	۹۱-۱۰۰	بهترین

جدول ٤- خلاصهٔ آماری پنج پارامتر pH عصاره برگ، RWC، اسید آسکوربیک، کلروفیل کل و APTI.

	pH عصارهٔ برگ	RWC	اسید آسکوربیک	کلروفیل کل	APTI
بیشینه	۷/۳۷	۹۰/۷	۵/۴۸	۱/۲۷	۱۲/۲
کمینه	۳/۳۲	۳۵/۹	۰/۰۴	۰/۲۴	۴/۰۶
میانگین	۵/۷	۶۵/۱۲	۰/۳	۰/۰۶	۰/۲۹
انحراف معیار	۰/۸۹	۱۱/۸	۱/۵	۰/۳۳	۱/۴۸

نتایج

خلاصهٔ آماری پنج پارامتر pH عصارهٔ برگ، RWC، اسید آسکوربیک، کلروفیل کل و APTI در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تأثیر گونه‌های گیاهی بر شاخص‌های pH عصاره برگ، RWC، اسید آسکوربیک، کلروفیل و شاخص APTI در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

pH عصارهٔ برگ: نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد بین ۲۶ گونهٔ گیاهی تفاوت معنی‌داری از نظر pH عصارهٔ برگ وجود داشت. *Ruellia tuberosa* بالاترین (۷/۴) و *Berberis julianae* کمترین میزان pH عصاره برگ (۳/۳) را دارا بودند که تفاوت ۳/۱ واحدی در pH بین این دو گیاه مشاهده شد (شکل ۲).

RWC: بین گیاهان مختلف تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص RWC مشاهده شد. نتایج نشان داد که *Yucca filamentosa* بیشترین (۹۰/۷ درصد) و *Chamaecy paris* sp. کمترین RWC (۳۶ درصد) را دارا بودند (شکل ۳) که ۵۴/۷ درصد تفاوت بین این دو گیاه وجود داشت.

اسید آسکوربیک: مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که بین ۲۶ گیاه مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر محتوای اسید آسکوربیک وجود دارد. نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که *Yucca filamentosa* بالاترین محتوای اسید آسکوربیک (۵/۵ میلی‌گرم در گرم برگ تازه) را در بین ۲۶ گیاه مورد مطالعه دارا بود (شکل ۴) که نسبت به *Tradescantia pallida* بیش از ۱۲۴ برابر افزایش نشان داد. غلظت اسید آسکوربیک بالاتر بیانگر مقاومت بیشتر نسبت به شرایط موجود می‌باشد.

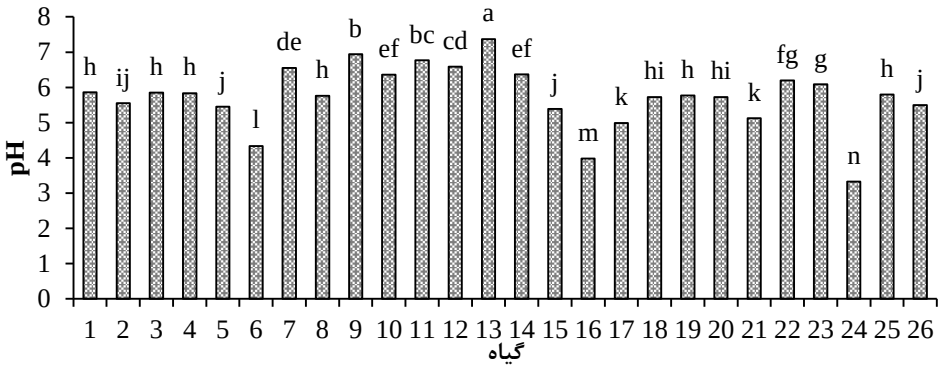
کلروفیل کل: نتایج نشان داد که *Melia azedarach*، *Bougainvillea spectabilis* و *Ulmus densa* دارای بیشترین (۱/۲۸، ۱/۲۷ و ۱/۲۲ میلی‌گرم در گرم برگ تازه) و *Juniperus horizotalis* و *Callistemon citrinus* دارای کمترین محتوای کلروفیل کل (به‌ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۲۲ میلی‌گرم در گرم برگ تازه) بودند (شکل ۵). گیاهان حساس محتوای کلروفیل پایین‌تری نسبت به گیاهان متحمل دارند. سایر گیاهان بین این دو محدوده قرار داشتند و بین آن‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده شد.

ATPI: نتایج مقایسهٔ میانگین حاکی از آن بود که بالاترین مقدار شاخص APTI مربوط به *Yucca filamentosa* (۱۲/۲) و کمترین مقدار مربوط به *Chamaecy paris* sp. (۴/۱) بود. شاخص APTI در تمام گیاهان کمتر از ۱۵ بود

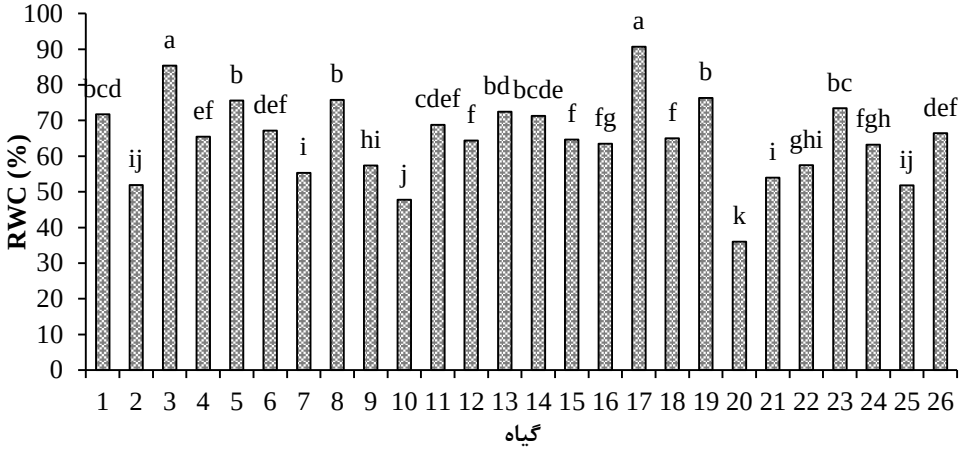
جدول ۵- آنالیز واریانس اثر گیاه بر شاخص‌های pH عصارهٔ برگ، RWC، اسید آسکوربیک، کلروفیل و APTI.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		pH	RWC	اسید آسکوربیک	کلروفیل کل	APTI
گیاه	۲۵	۲/۳۸**	۴۱۸/۴۳**	۶/۸**	۰/۳۲**	۶/۵۹**
تکرار	۲	۰/۰۳ns	۸/۵۵ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۵**	۰/۰۹ns
خطا	۵۰	۰/۰۱	۱۳/۷	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۱۴
کل	۷۷					
ضریب تغییرات (CV) (٪)		۲/۰۲	۵/۶۸	۱۳/۴	۳/۹۳	۵/۰۸

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌دار در سطح پنج درصد، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد CV: Coefficient of Variation

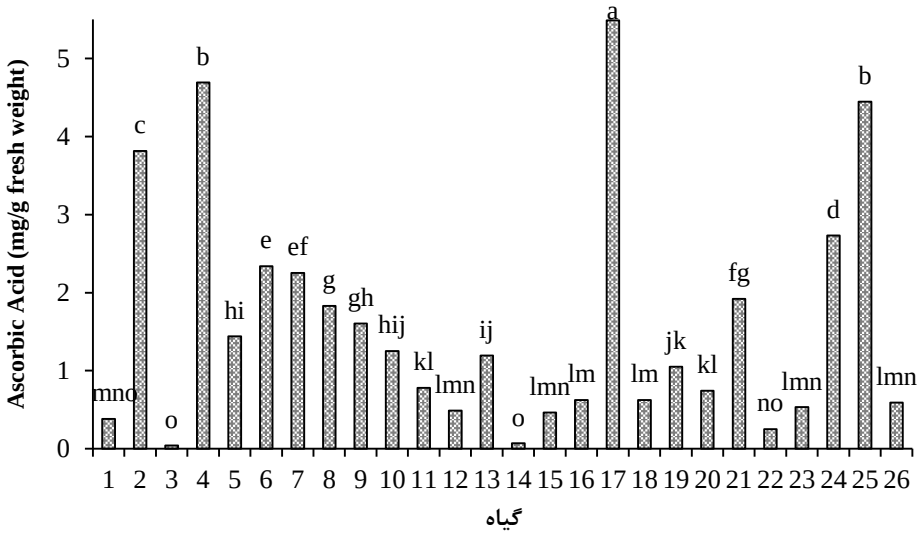


شکل ۲- مقایسهٔ میانگین اثر نوع گیاه بر شاخص pH عصاره برگ (مقایسه میانگین به روش LSD و در سطح پنج درصد انجام شد و وجود حروف لاتین مشترک بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد).

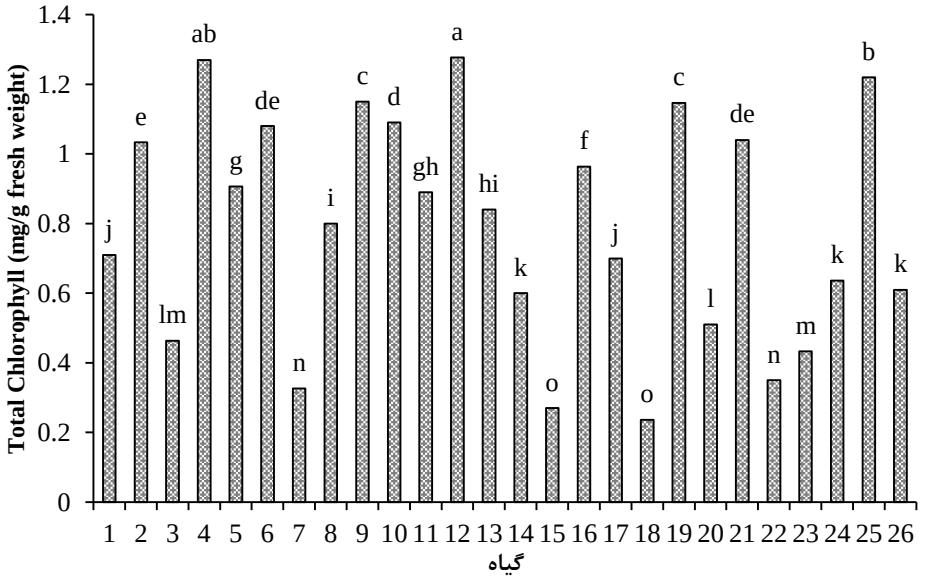


شکل ۳- مقایسهٔ میانگین اثر نوع گیاه بر شاخص RWC (مقایسه میانگین به روش LSD و در سطح پنج درصد انجام شد و وجود حروف لاتین مشترک بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد).

(شکل ۶). نتایج همبستگی داده‌ها نشان داد که بین اسید آسکوربیک و pH عصارهٔ برگ همبستگی منفی وجود داشت که در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین بین اسید آسکوربیک و کلروفیل کل همبستگی مثبت وجود داشت که در سطح یک درصد معنی‌دار بود. APTI با RWC و اسید آسکوربیک همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۶). در جدول ۷، ارزیابی و درجه‌بندی گیاهان مورد مطالعه بر اساس شاخص APTI، پارامترهای اجتماعی-اقتصادی و زیستی مربوطه ارائه شده است. در جدول ۷ تمام مثبت‌های کسب شده توسط هر گیاه ارائه شده است. با توجه به اینکه حداکثر مثبت‌ها ۱۶ می‌باشد، درصدگیری برای هر گیاه انجام شد.



شکل ٤- مقایسهٔ میانگین اثر نوع گیاه بر شاخص اسید آسکوربیک (مقایسهٔ میانگین به روش LSD و در سطح پنج درصد انجام شد و وجود حروف لاتین مشترک بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد).



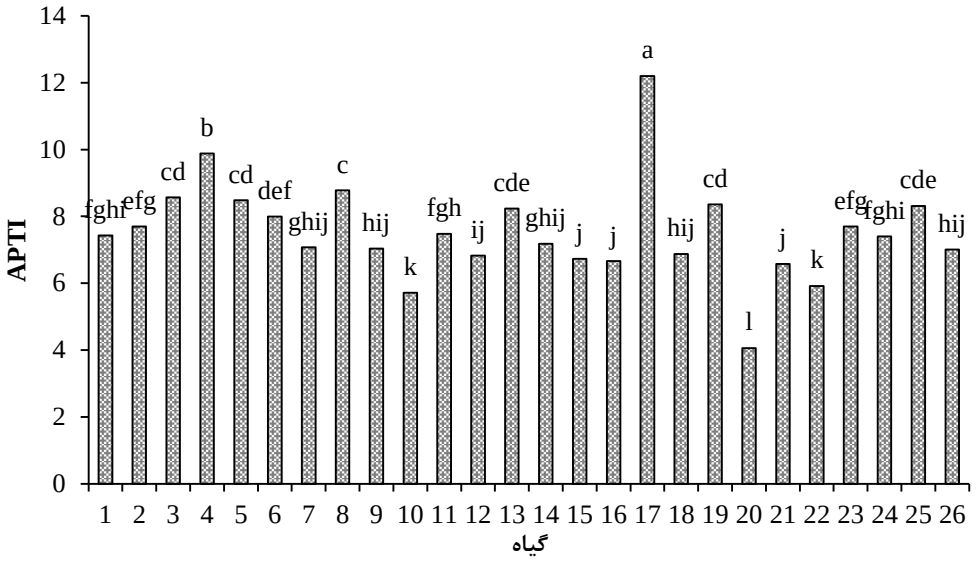
شکل ٥- مقایسهٔ میانگین اثر نوع گیاه بر شاخص کلروفیل کل در برگ. (مقایسهٔ میانگین به روش LSD و در سطح پنج درصد انجام شد و وجود حروف لاتین مشترک بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد).

جدول٦- همبستگی پارامترهای فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و APTI.

	pH عصارهٔ برگ	RWC	اسید آسکوربیک	کلروفیل کل
RWC	$-۰/۰۵^{ns}$			
اسید آسکوربیک	$-۰/۲۶^{*}$	$-۰/۰۰۸^{ns}$		
کلروفیل کل	$۰/۰۱^{ns}$	$-۰/۱۱^{ns}$	$۰/۴^{**}$	
APTI	$-۰/۱^{ns}$	$۰/۷۷^{**}$	$۰/۶۲^{**}$	$۰/۲۱^{ns}$

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک، پنج درصد و عدم معنی‌دار

Phoenix dactylifera حداکثر تعداد مثبت را کسب کرد (۱۰ مثبت) که در نتیجه این گیاه ۶۲/۵ درصد امتیاز را کسب نمود. مقدار API این گیاه چهار بود که این گیاه را در دستهٔ دارای ارزیابی خوب از نظر تحمل شرایط موجود در منطقهٔ مورد مطالعه قرار داد. *Frankenia laevis* و *Ruellia tuberosa* کمترین تعداد مثبت (۲مثبت) را کسب کردند و



شکل ٦- مقایسهٔ میانگین اثر نوع گیاه بر شاخص APTI (مقایسهٔ میانگین به روش LSD و در سطح پنج درصد انجام شد و وجود حروف لاتین مشترک بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد).

جدول ۷- امتیازدهی پارامترهای مختلف برای گیاهان مورد مطالعه.

خصوصیات بیولوژیک و اقتصادی-اجتماعی								
		عادت گیاه		ساختار لامینار				
نام علمی	APTI (+, …, ۵+)	ارتفاع گیاه (-,+,++)	ساختار کنوپی (-,+,++)	نوع گیاه (-,+)	اندازه (-,+,++)	بافت (-,+)	مقاومت (-,+)	ارزش اقتصادی (-,+,++)
Dodonaea Viscosa	−	+	+	+	-	+	-	-
Olea europaea L.	−	++	++	+	-	+	+	+
Tradescantia pallida	−	-	+	+	+	-	-	-
Bougainvillea spectabilis	+	+	+	+	+	-	-	-
Oenothera speciose	−	-	-	+	+	-	-	+
Pinus roxburghii	−	++	++	+	+	+	+	-
Frankenia laevis	−	-	-	+	-	+	-	-
Ligustrum japonicum Texanum	−	+	+	+	+	+	-	-
Lantana camara	−	-	+	+	-	+	-	-
Ulmus carpinifolia	−	++	++	-	-	-	-	-
Cyperus alternifolius	−	-	+	+	+	-	-	-
Melia azedarach	−	++	++	-	++	-	+	-
Ruellia tuberosa	−	-	-	-	+	+	-	-

در نتیجه تنها ۱۲/۵ درصد امتیاز را کسب نمودند. که بر این اساس مقدار API این گیاهان صفر بود و از نظر ارزیابی در دستهٔ عدم توصیه قرار گرفتند. از ۲۶ گیاه مورد مطالعه، ۱۱ گیاه در گروه ارزیابی عدم توصیه، ۵ گیاه دارای ارزیابی خیلی ضعیف، ۹ گیاه دارای ارزیابی ضعیف و یک گیاه دارای ارزیابی خوب بود (جدول ۸).

ادامهٔ جدول ۷.

خصوصیات زیستی و اقتصادی-اجتماعی.

	عادت گیاه				ساختار لامینار			
نام علمی	APTI (+, …,۵+)	ارتفاع گیاه (-,+,++)	ساختار کنوپی (-,+,++)	نوع گیاه (-,+)	اندازه (-,+,++)	بافت (-,+)	مقاومت (-,+)	ارزش اقتصادی (-,+,++)
Tamarix gallica	−	++	++	+	-	+	+	-
Juniperus horizotalis	−	+	+	+	+	+	+	-
Pinus mugo	−	++	++	+	+	+	+	-
Yucca filamentosa	++	-	+	+	++	+	+	-
Callistemon citrinus	−	+	+	+	+	+	+	-
Phoenix dactylifera	−	++	++	+	++	+	+	+
Chamaecy paris sp.	−	++	++	+	+	+	+	-
Punica granatum	−	++	+	-	-	-	-	+
Rosmarinus officinalis	−	+	+	+	-	+	+	++
Cupressus sempervirens var. fastigiate	−	++	++	+	+	+	+	-
Berberis julianae	−	+	+	+	-	-	-	-
Ulmus densa	−	++	++	-	-	-	-	-
Nerium oleander	−	+	+	+	+	+	-	-

جدول ۸- مقدار شاخص عملکرد پیش‌بینی‌شده (API) برای گیاهان مورد مطالعه.

نام علمی	Grade allotted		API value	Assessment
	Total plus (+)	% Scoring		
Dodonaea Viscosa	۴	۲۵	۰	عدم توصیه
Olea europaea L.	۸	۵۰	۲	ضعیف
Tradescantia pallida	۳	۱۸/۷۵	۰	عدم توصیه
Bougainvillea spectabilis	۵	۳۱/۲۵	۱	خیلی ضعیف
Oenothera speciose	۳	۱۸/۷۵	۰	عدم توصیه
Pinus roxburghii	۸	۵۰	۲	ضعیف
Frankenia laevis	۲	۱۲/۵	۰	عدم توصیه
Ligustrum japonicum Texanum	۵	۳۱/۲۵	۱	خیلی ضعیف
Lantana camara	۳	۱۸/۷۵	۰	عدم توصیه
Ulmus carpinifolia	۴	۲۵	۰	عدم توصیه

ادامه جدول ۸.

نام علمی	Grade allotted		API value	Assessment
	Total plus (+)	% Scoring		
Cyperus alternifolius	۳	۱۸/۷۵	۰	عدم توصیه
Melia azedarach	۷	۴۳/۷۵	۲	ضعیف
Ruellia tuberosa	۲	۱۲/۵	۰	عدم توصیه
Ruellia tuberosa	۲	۱۲/۵	۰	عدم توصیه
Tamarix gallica	۷	۴۳/۷۵	۲	ضعیف
Juniperus horizotalis	۶	۳۷/۵	۱	خیلی ضعیف
Pinus mugo	۸	۵۰	۲	ضعیف
Yucca filamentosa	۸	۵۰	۲	ضعیف
Callistemon citrinus	۶	۳۷/۵	۱	خیلی ضعیف
Phoenix dactylifera	۱۰	۶۲/۵	۴	خوب
Chamaecy paris sp.	۸	۵۰	۲	ضعیف
Punica granatum	۴	۲۵	۰	عدم توصیه
Rosmarinus officinalis	۷	۴۳/۷۵	۲	ضعیف
Cupressus sempervirens var. fastigiate	۸	۵۰	۲	ضعیف
Berberis julianae	۳	۱۸/۷۵	۰	عدم توصیه
Ulmus densa	۴	۲۵	۰	عدم توصیه
Nerium oleander	۵	۳۱/۲۵	۱	خیلی ضعیف

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه جهت تعیین شاخص APTI، از ویژگی‌های pH و RWC به‌عنوان شاخص فیزیولوژیک و از ویژگی‌های کلروفیل کل و اسید آسکوربیک به‌عنوان شاخص‌های بیوشیمیایی استفاده شد. استفاده از هر یک از این شاخص‌ها با هدف خاصی صورت می‌گیرد. اسید آسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان می‌باشد که نقش مهمی در کاهش رادیکال-های آزاد اکسیژن در گیاه دارد. غلظت اسید آسکوربیک در گیاه در شرایط تنش‌های محیطی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که این امر به‌دلیل افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در شرایط تنش (از جمله آلودگی هوا) می‌باشد (Tripathi and Gautam, 2007). این آنزیم در فعال نمودن مکانیسم‌های دفاعی و واکنش‌های فتوسنتزی نقش کلیدی ایفا می‌کند. مقدار اسید آسکوربیک در گیاهان مقاوم به تنش‌های محیطی زیاد و در گیاهان حساس به تنش‌های محیطی کم می‌باشد (Vyankat, 2014). نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که محتوای اسید آسکوربیک در ۲۶ گیاه مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشت. مقدار اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شده در ۲۶ گیاه مورد بررسی در محدودهٔ mg/g_{FW} ۵/۴۹-۰/۰۴ بود. در مطالعهٔ Shojaee و همکاران (۲۰۲۰)، که روی ۱۰ گیاه انجام شد محتوای اسید آسکوربیک در محدودهٔ mg/g_{FW} ۱۰/۸-۰/۳۲گزارش شد و Sumangala و همکاران (۲۰۱۸)، محدودهٔ اسید آسکوربیک برای ۴۶ گیاه مورد بررسی را mg/g_{FW} ۰/۹۵-۰/۱۱ گزارش کردند. Shojaee و همکاران (۲۰۲۰)، اسید آسکوربیک زیتون را mg/g_{FW} ۴/۶۲ و Sumangala و

همکاران (۲۰۱۸)، ۰/۲۱ mg/g_{FW} گزارش کردند. این در حالی است که در مطالعهٔ حاضر غلظت اسید آسکوربیک در زیتون برابر ۳/۸۱ mg/g_{FW} بود که این تفاوت، احتمالاً به‌دلیل متفاوت بودن شرایط محیطی است که گیاه در آن رشد کرده است. در بررسی حاضر محتوای اسید آسکوربیک *Yucca filamentosa* نسبت به سایر گیاهان مورد مطالعه بیشتر بود که بر این اساس انتظار می‌رود این گیاه نسبت سایر گیاهان تحمل بالاتری به شرایط موجود داشته باشد که البته نتایج APTI مؤید این موضوع می‌باشد.

دومین شاخص بیوشیمیایی مورد استفاده محتوای کلروفیل کل می‌باشد که در پاسخ به شرایط آلودگی هوا کاهش می‌یابد. کاهش محتوای کلروفیل را به افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط آلودگی هوا نسبت داده‌اند (Sumangala *et al*., 2018). گیاهان حساس محتوای کلروفیل پایین‌تری نسبت به گیاهان متحمل داشته و حفظ کلروفیل در شرایط آلودگی هوا نشانهٔ تحمل گیاه می‌باشد (Sumangala *et al*., 2018). Govindaraju و همکاران (۲۰۱۲)، گزارش کردند که کلروفیل کل در ۳۰ گیاه مورد مطالعه در محدودهٔ ۱/۴۳–۵/۵۴ mg/g_{FW} بود که در بررسی حاضر محدودهٔ ۰/۲۴–۱/۲۸ mg/g_{FW} به‌دست آمد. کاهش محتوای کلروفیل کل می‌تواند حساس بودن گونه‌های گیاهی به شرایط موجود را نشان دهد.

pH عصارهٔ برگ نقش مهمی در نقل و انتقالات درون‌سلولی از جمله پروتئن‌ها و مولکول‌های کوچک مانند هورمون‌ها دارد. pH عصارهٔ برگ می‌تواند فرآیند فتوسنتز را تحت تأثیر قرار دهد به‌طوری‌که گزارش شده است با کاهش pH، فتوسنتز کاهش می‌یابد (Roy *et al*., 2020). بالا بودن pH عصارهٔ برگ باعث افزایش کارایی تبدیل قند هگزوز به اسید آسکوربیک شده که به‌عنوان شاخص تحمل‌پذیری گیاه به آلودگی هوا شناخته می‌شود و پایین بودن pH نشانهٔ حساسیت به آلودگی هوا می‌باشد (Rai, 2016). در حضورآلودگی‌های اسیدی، pH برگ کاهش می‌یابد و این کاهش در گیاهان حساس بسیار بیشتر از گیاهان مقاوم است (Cholz and Reck, 1997; Govindaraju *et al*., 2013). هرچه pH استخراج شده از گیاه بیشتر باشد، توانایی گیاه برای جذب SO_2 و NO_X (اکسیدهای نیتروژن) بسیار بیشتر است (Gholami *et al*., 2016; Abedesfahani *et al*., 2013). در مطالعهٔ حاضر، محدودهٔ pH عصاره برگ ۳/۳۲–۷/۳۷ بود که نشان‌دهندهٔ تحمل متفاوت ۲۶ گیاه مستقر در فضای سبز گندله‌سازی اردکان می‌باشد. Shojaee و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند که محدودهٔ pH عصارهٔ برگ در ۱۰ گیاه مورد مطالعه ۶/۱۴–۴/۷۲ بود. Singh و Verma (۲۰۰۷)، بیان داشتند که گونه‌های حساس، pHکمتر از ۷ و گونه‌های متحمل pH نزدیک به ۷ را دارا می‌باشند.

RWC دیگر شاخص فیزیولوژیک مؤثر بر APTI می‌باشد. افزایش RWC در گیاه منجر به افزایش مقاومت گیاه به آلودگی هوا شده و عملکرد فیزیولوژیک گیاه را در شرایط آلودگی هوا تنظیم می‌کند. Patel و Hina (۲۰۱۱)، گزارش کردند که در شرایط آلودگی هوا، گیاهانی که RWC بالاتری دارند نسبت به آلاینده‌ها مقاوم می‌باشند. محدودهٔ RWC در این مطالعه ۹۰/۷۴–۳۵/۹۹ بود که بالاترین مقدار در دو گیاه *Tradescantia pallida* و *Yucca filamentosa* به‌دست آمد. با استفاده از چهار پارامتر pH عصارهٔ برگ، RWC، اسید آسکوربیک و کلروفیل کل، شاخص APTI محاسبه شد که در محدودهٔ ۱۲/۲–۴/۰۶ بود. با توجه به مقدار عددی APTI، از ۲۶ گیاه مورد مطالعه، ۲۵ گیاه در دستهٔ حساس قرار می‌گیرند و تنها *Yucca filamentosa* در دستهٔ متوسط از نظر تحمل به آلودگی هوا قرار می‌گیرد (Padmavathi *et al*., 2013). *Y. filamentosa* دارای بالاترین مقدار APTI بود که این امر به‌دلیل بالا بودن شاخص‌های اسید آسکوربیک و RWC در این گیاه می‌باشد. نتیجهٔ بررسی Hozhabralsadat و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد که میزان مقاومت و تحمل‌سنجی آلودگی هوا در گیاهان با مقادیر اسید آسکوربیک و محتویات آب برگ آنان ارتباط زیادی دارد.

کمترین مقدار APTI مربوط به *Chamaecy paris* sp. بود. نتایج نتایج نشان داد که این گیاه کمترین RWC را دارا بود و از نظر شاخص اسید آسکوربیک، در بین ۲۶ گیاه مورد مطالعه جزء گیاهان با غلظت پایین اسید آسکوربیک قرار گرفت. Bharti و همکاران (۲۰۱۸)، شاخص APTI را در مجتمعی که صنایع فولاد در آن مستقر بود مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که کمترین APTI مربوط به گل کاغذی بود که در مطالعهٔ حاضر نیز گل کاغذی (*Bougainvillea spectabilis*) در دستهٔ گیاهان حساس قرار گرفت. طبق نتایج این تحقیق APTI با اسید آسکوربیک و RWC همبستگی مثبت داشت که با نتایج Shojaee و همکاران (۲۰۲۰) و Nazari (۲۰۱۸) مطابقت داشت. نتایج حاضر نشان داد که اسید آسکوربیک و RWC بیشترین اهمیت را در تعیین RWC داشتند ولی پارامترهای pH عصارهٔ برگ و کلروفیل کل اهمیت کمی از خود نشان دادند.

نتایج API نشان داد که از ۲۶ گیاه مورد مطالعه، گونهٔ *P. dactylifera* دارای ارزیابی خوب بود و به‌عنوان گیاه متحمل در فضای سبز گندله‌سازی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. Tsega و Devi-Prasad (۲۰۱۴) بیان کردند که گونه‌های درختی با API بالا برای ایجاد فضای سبز توصیه می‌شوند. بنابراین API می‌تواند در انتخاب گونه‌های مناسب بسیار مفید باشد. علاوه بر API، انتخاب گونه‌های گیاهی برای توسعهٔ فضای سبز بر اساس بار آلودگی منطقه، کیفیت خاک و آب آبیاری، بارندگی، دما و میزان برخورد انسان با فضای سبز نتایج مناسبی در پی خواهد داشت. بر اساس نتایج آماری به‌دست آمده، استفاده از شاخص APTI در کنار API نتایج ارزشمندتری را در اختیار کاربران قرار خواهد داد و می‌تواند از اهمیت بسیار بالایی برخوردار باشد. این مطالعه نشان داد که پارامترهای بیوشیمیایی در گیاهان مورد مطالعه بسیار متفاوت بود. با این حال، ترکیب پارامترهای بیوشیمیایی (APTI)، ویژگی‌های زیستی و اجتماعی-اقتصادی برای توصیه گونه‌های گیاهی مناسب برای اهداف بوم‌شناختی مفید می‌باشد.

تقدیر و تشکر

مطالعهٔ حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اردکان می‌باشد. بدین‌وسیله از دانشگاه اردکان به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی، کمال سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.

References

Abed Esfahani, A., Amini, H., Samadi, N., Kar, S., Hoodaji, M., Shirvani, M., Porsakhi, K., 2015. Assesment of air pollution tolerance index of higher plants suitable for green belt development in east of Esfahan city, Iran. Journal of Ornamental Plants 3(2), 87-94.

Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology 24(1), 1-15.

Bajaj, K.L., Kaur, G., 1981. Spectrophotometric determination of L-ascorbic acid in vegetables and fruits. Analyst 106(1258), 117-120.

Bharti, S.K., Trivedi, A., Kumar, N., 2018. Air pollution tolerance index of plants growing near an industrial site. Urban Climate 24, 820-829.

Scholz, F., Reck, S., 1977. Effects of acids on forest trees as measured by titration in vitro, inheritance of buffering capacity in Picea abies. Water, Air, and Soil Pollution 8(1), 41-45.

Gholami, A., Mojiri, A., Amini, H., 2016. Investigation of the Air Pollution Tolerance Index (APTI) using some plant species in Ahvaz region. Journal of Animal & Plant Sciences 26(2), 475-480.

Govindaraju, M., Ganeshkumar, R.S., Muthukumaran, V.R., Visvanathan, P., 2012. Identification and evaluation of air-pollution-tolerant plants around lignite-based thermal power station for greenbelt development. Environmental Science and Pollution Research 19(4), 1210-1223.

Hozhabralsadat, M.S., Karimian, Z., Farzam, M., 2021. Evaluation of Tolerance of Climate-Adapted Plant Species Planted in Green Walls to Air Pollutants Using APTI

Index in Mashhad City. Environmental Health 6(4), 300-311.

Henson, I.E., Mahalakshmi V., Bidinger, F.R., Alagarswamy, G., 1981. Genotypic variation in pearl miller (Pennisetum americanum L.) Leeke in the ability to accumulate abscisic acid in response on water stress. Journal of experimental botany 32, 899-910.

Nazari, B., 2018. Investigation of air pollution tolerance index (APTI) and bioaccumulation of cadmium and lead in some plant species in Yazd. Yazd University. Iran. 125 p.

Padmavathi, P., Cherukuri, J., Reddy, M.A., 2013. Impact of air pollution on crops in the vicinity of a power plant: a case study. International Journal of Engineering Research & Technology 2(12), 3641-3651.

Patel, A., Hina, K., 2011. Assessment of relative water content, leaf extract pH, ascorbic acid and total chlorophyll of some plant species growing in Shivamogga. Plant Archives 11(2), 935-9.

Prasad, B.J., Rao, D.N., 1982. Relative sensitivity of a leguminous and a cereal crop to sulphur dioxide pollution. Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological 29(1), 57-70.

Rai, P.K., 2016. Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. Ecotoxicology and Environmental Safety 129(1), 120-36.

Roy, A., Bhattacharya, T., Kumari, M., 2020. Air pollution tolerance, metal accumulation and dust capturing capacity of common tropical trees in commercial and industrial sites. Science of the Total Environment 722, 137622.

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

Singh S, Verma A. Phytoremediation of air pollutants: a review. Environmental bioremediation technologies: Springer; 2007. pp: 293-314.

Singh, S.K., Rao, D.N., 1983. Evaluation of plants for their tolerance to air pollution. In: Proceedings symposium on air pollution control of Indian association for air pollution control in New Delhi, India, pp: 218-224.

Socha, N., Kandziora-Ciupa, A., Trzęsicki, M., Barczyk, G., 2017. Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant species from urban biotopes. Chemosphere 183, 471-482.

Sumangala, H., Aswath, C., Laxman, R., Namratha, M., 2018. Estimation of Air Pollution Tolerance Index (APTI) of selected ornamental tree species of Lalbagh, Bengaluru, India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(2), 3894-3898.

Tripathi, A., Gautam, M., 2007. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. Journal of Environmental Biology 28(1), 127-132.

Vyankat, Y., 2014. Air Pollution Tolerance Index nanded city, MA. Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation 3(1), 23-28.

Tsega, Y.C., Devi-Prasad A.G., 2014. Variation in air pollution tolerance index and anticipated performance index of roadside plants in Mysore, India. Journal of Environmental Biology 35(1), 185-190.

Zhao, X., He, M., Shang, H., Yu, H., Wang, H., Li, H., Piao, J., Quinto, M., Li, D., 2018. Biomonitoring polycyclic aromatic hydrocarbons by Salix matsudana leaves: a comparison with the relevant air content and evaluation of environmental parameter effects. Atmospheric Environment 181, 47-53.

Zouari, M., Elloumi, N., Mezghani, I., Labrousse, P., Ben Rouina, B., Ben Abdallah, F., Ben Ahmed, C., 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.