DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2023.19228.1908

مقایسه شاخص تحمل به آلودگی در دو گونهٔ تاغ (*Haloxylon aphyllum*) و قره‌داغ (*Nitraria schoberi*) تحت شرایط گردوغبار (مقالهٔ کوتاه پژوهشی)

۱- محمود نجفی‌زیلایی*، دانش‌آموخته دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
Mahmoodnajafi1364@gmail.com
۲- اصغر مصلح‌آرانی، استاد، گروه محیط زیست، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۳- حسن اعتصامی، دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴- مهری دیناروند، استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۲
پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳

چکیده

شناسایی گونه‌های گیاهی مناسب برای ایجاد کمربند سبز در اطراف شهرهای مناطق خشک و بیابانی به‌منظور کاهش آلودگی هوا دارای اهمیت است. شاخص تحمل به آلودگی هوا یکی از شاخص‌های شناخته‌شده برای تعیین تحمل گونه‌های گیاهی به آلودگی است. این تحقیق با هدف بررسی گردوغبار بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو گونه شورپسند تاغ (*Nitraria schoberi*) و قره‌داغ (*Haloxylon Aphyllum*) و مقایسه اثر گردوغبار بر روی شاخص تحمل به آلودگی هوا و تعیین گونه مناسب برای ایجاد کمربند سبز، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی؛ با دو تیمار (بدون گردوغبار و اِعمال گردوغبار) در سه تکرار به مدت ۵ ماه و در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. به‌منظور بررسی اثر گردوغبار، با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز غبار بر روی نمونه‌ها با فاصله زمانی یک هفته‌ای (به میزان ۱/۵ $g/m^2/month$) غباردهی انجام شد. پس از اتمام دوره آزمایش، پارامترهای آسکوربیک اسید، کلروفیل کل، محتوی نسبی آب و pH عصاره برگ اندازه‌گیری و در آخر شاخص تحمل به آلودگی هوای دو گونه محاسبه شد. نتایج نشان داد پارامتر کلروفیل کل در گونهٔ قره‌داغ ۱۹ درصد و محتوای نسبی کل ۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت در حالی که مقدار اسیدآسکوربیک در تاغ ۱۱ درصد و در قره‌داغ به مقدار ۱۴ درصد و pH عصاره برگ قره‌داغ ۲۹ درصد نسبت به شاهد خود افزایش یافت. با توجه به مقدار APTI (۸/۱۵) گونه تاغ در مقایسه به قره‌داغ (۷/۴۱) و بدلیل اختلاف ارتفاع این دو گونه، تاغ گزینه مناسب‌تری برای کاشت در کمربند سبز به‌منظور کاهش آلودگی هوا باشد.

واژگان کلیدی: شاخص تحمل به آلودگی هوا، خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، گرد و غبار، گونه‌های شورپسند.

مقدّمه

گردوغبار به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین آلاینده‌های هوا محسوب می‌شود. این پدیده در سال‌های اخیر با شدت بیش‌تری مناطق غرب و شرق و حتی مرکز ایران را در برگرفته است [۲۸]. با وجود این که آلودگی گردوغبار یک پدیدهٔ طبیعی است، گاهی اوقات به سطح غیرقابل‌قبولی می‌رسد به‌طوری که بر تمام جنبه‌های زندگی انسان تأثیر گذاشته و طی سالیان اخیر فعالیت‌های انسان سبب تشدید این پدیده شده است [۲۷].

گیاهان بطور طبیعی می‌توانند ذرات گردوغبار موجود در اتمسفر را جذب و به‌عنوان یک فیلتر باعث تمیزی هوا شوند. توسعهٔ گیاهان سبز اطراف شهرها یکی از روش‌های بیولوژیک و مناسب به‌منظور کاهش آلودگی هوا در این مناطق می‌باشد [۳۴].

توسعهٔ کمربندهای سبز شهری به‌عنوان یک راهکار مؤثر در کاهش آلودگی‌های هوا در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. کمربندهای سبز شهری، از آنجا که

می‌توانند تا حد زیادی از ورود ریزگردها و آلودگی‌ها به شهرها جلوگیری کنند، ایجاد آنها در اطراف شهرها از اهمیت خاصی برخوردار شده است [۱۵].

امروزه در ایجاد فضای سبز محیط‌های خشک بیابانی، با توجه به شرایط اقلیمی استفاده از گیاهان مقاوم به تنش محیطی از جمله گردوغبار بسیار مهم و در اولویت قرار دارد، گیاهان می‌توانند از طریق جذب و رسوب ذرات معلق بر روی سطوح برگ‌ها و تاج پوشش خود آلاینده‌های هوا را حذف کنند [۴۲]. در این مناطق فرونشست و تجمع ذرات ریز گردوغبار روی سطوح اندام‌های هوایی گیاه سبب اثرات نامطلوب بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند کلروفیل a، b و فتوسنتز [۳۶]، محتوای نسبی آب [۱۷]، میزان اسیدآسکوربیک [۱۳]، مقدار پروتئین [۲۰] و کربوهیدرات قندهای محلول و pH گونه‌های هالوفیت [۴ و ۴۳] شده و سرانجام سبب کاهش تولید اولیه آن می‌شود [۱۶ و ۲۳]. گردوغبار می‌تواند تولید انواع رادیکال‌های آزاد را در گیاه افزایش داده [۳۹] و بعلاوه روزنه‌های برگ را بسته و موجب تغییر در واکنش بیوشیمیایی [۱۴] و همچنین کاهش فتوسنتز در گیاه شود [۳۰].

از طرفی میزان حساسیت گونه‌های مختلف گیاهی نسبت به آلاینده‌های هوا به ویژه گردوغبار متفاوت بوده و اختلافات چشمگیری در پاسخ‌های خود به آن دارند [۳۱]، محققان به کمک برخی از متغیرهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی به کمّی‌سازی و اندازه‌گیری میزان تحمل گیاهان نسبت به آلودگی هوا پرداخته‌اند و شاخصی به نام شاخص تحمل به آلودگی هوا را معرفی کرده‌اند این شاخص می‌تواند در کنار دیگر معیارها در انتخاب گونه‌های گیاهی برای کاهش آلودگی هوا مد نظر باشد [۷]. این شاخص نشان‌دهندهٔ قابلیت گیاه برای مبارزه با آلودگی هواست.

گیاهان دارای ارزش شاخص بالاتر نسبت به آلودگی هوا مقاوم بوده و می‌توانند به‌عنوان جاذب (کاهندهٔ آلودگی) استفاده شوند [۲]. در حالی که گیاهان با مقدار شاخص پایین، نشان‌دهندهٔ تحمل کم‌تر به آلودگی هوا می‌باشند و می‌توانند برای نشان‌دادن سطح آلودگی هوا استفاده شوند [۲۲]. برای نمایش گیاهان به‌منظور تعیین میزان حساسیت یا سطح تحمل آن‌ها به آلاینده‌های هوا، انتخاب خصوصیاتی که این امر را به خوبی انعکاس دهند بسیار ضروری است، که پس از بررسی دقیق سهم پارامترهای گیاهی اسید آسکوربیک، محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل و pH عصاره برگ این پارامترها در فرمول محاسبه شاخص تحمل به آلودگی هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳۶].

در پژوهش‌های متعددی اثر گردوغبار بر تغییر میزان مولفه‌های تشکیل‌دهندهٔ شاخص تحمل به آلودگی هوا و همچنین استفاده از این شاخص برای تعیین میزان مقاومت گونه‌های گیاهی بحث شده است [۲۳]. کاهش در میزان کلروفیل، کارتنوئید و اسیدآسکوربیک برگ در گونه‌های *Ficus religiosa*، *Mangifera indica*، *Polyalthia longifolia* و *Delonix regia* تحت تنش گردوغبار را گزارش شده است [۱۱].

در تحقیقی شاخص تحمل گیاهان به آلودگی هوای مجتمع صنعتی شیشه، خاک چینی، کاشی و سرامیک اردکان ارزیابی شد و از بین گونه‌های مرتعی، درختی و درختچه‌ای به ترتیب گیاه قلم (۸/۴۹)، انار (۱۶/۸۰) و ابریشم (۹/۳۷) دارای بیشترین مقدار APTI بودند؛ و بر این اساس، پیشنهاد گردید که از گونه انارگل به عنوان گونه متحمل‌تر و گونه درمنه به عنوان پایشگر زیستی برای توسعه فضای سبز استفاده گردد [۳۵].

در پژوهشی شاخص تحمل به آلودگی هوا در چهار گونه درختی رایج استفاده شده در فضای شهری نواحی خشک ایران (*Fraxinus rotundifolia, Morus alba, Celtis caucasica, Melia azedarach*) بررسی و مشخص شد در گرد و غبار با غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۵۰۰ $\mu g\ m^{-3}$ بیش‌ترین شاخص تحمل به آلودگی را گیاه *M. alba* داشت. همچنین در همهٔ گونه‌ها با افزایش میزان گردوغبار، میزان محتوای نسبی آب، pH، اسید آسکوربیک و کلروفیل کل کاهش یافت. آنها همچنین بیان کردند که *M. Alba* گونهٔ مقاوم سازگار برای محیط‌های شهری مناطق خشک بوده که پتانسیل کاهش سطح ریزگردها را دارد [۱۷].

اثر گردوغبار روی شاخص تحمل آلودگی هوا چهار گونهٔ گیاهی *Ficus virens*، *Ficus religios*، *Azadirachta indica* و *Cassia fistula* ارزیابی و با

هم مقایسه شد [۱۰] و نتایج نشان که *F. virens* بالاترین مقدار APTI را داشته و این گونه درختی به علت شاخص تحمل بالا و ظرفیت متوسط جذب گردوغبار گزینهٔ مناسب برای کاشت به‌منظور کاهش آلودگی معرفی شد. همچنین ریزگردها اثر منفی بر سطح برگ، بیومس، رنگیزه‌ها و پایداری غشای گونه‌های درختی انتخاب شده داشتند. میزان اسید آسکوربیک و شاخص روزنه‌ای در همه درختان کنار جاده‌ای افزایش یافت.

در مناطق خشک و بیابانی، بارش کم باران مانع از پاک شدن ذرات گردوغبار از روی سطح برگ‌ها و بخش‌های دیگر گیاه شده و باعث می‌شود این ذرات برای مدتی طولانی باقی بماند [۴۳ و ۳۲]. وقتی آلاینده‌ها توسط گیاهان جذب می‌شوند، اثرات نامطلوب در سطوح فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و همچنین افزایش رادیکال‌های آزاد در بخش‌های مختلف اندام های گیاهی پدیدار می‌گردد [۲۶]. این تغییرات، اطلاعات مفیدی از وضعیت گیاهان در معرض آلودگی را فراهم می‌کنند [۶ و ۴۳].

در پژوهش حاضر، با توجه به اهمیت ارزیابی شاخص تحمل به آلودگی هوا و معرفی گونه‌های بیابانی مناسب در توسعهٔ کمربند سبز در اطراف شهرهای مناطق خشک و بیابانی، اثرات رسوب گردوغبار بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گونه‌های شورپسند تاغ و قره‌داغ برای نخستین بار بررسی می‌شود.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی

پس از اتمام مراحل تیماردهی، نهال‌های مورد نظر برای انجام آزمایشات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نمونه‌برداری شد. مقدار کلروفیل [۲۱]، محتوی نسبی آب [۲۹]، اسید آسکوربیک [۲۴] و مقدار pH عصاره برگ با pH متر اندازه‌گیری شد.

نقش آسکوربیک اسید (AA)، کلروفیل کل (TCL)، محتوای آب نسبی (RWC) و pH عصاره برگ در میزان تحمل به آلودگی در گیاهان، با فرمول زیر با هم محاسبه و برای به دست آوردن شاخص تحمل آلودگی هوا (APTI) استفاده شدند:

$$APTI = [A\,(T+P) + R]\,/10 \qquad (۱)$$

در این رابطه، منظور از مولفه‌های A، T، P، R به‌ترتیب آسکوربیک اسید، کلروفیل کل، pH عصاره برگ و درصد رطوبت نسبی برگ می‌باشد [۱۲].

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از پارامترهای مختلف اندازه‌گیری‌شده، از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد و نمودارها نیز در نرم‌افزار Excel رسم گردید. پس از اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف -اسمیرنوف، اختلاف بین سطوح مختلف تیمارها به‌صورت آنالیز داده‌ها با آزمون تجزیه واریانس و در نهایت مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن (α=۰/۰۵) بررسی گردید.

نتایج

آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها در جدول ۱ و همچنین نتایج تجزیه نمونه‌های گردوغبار به کار رفته و غلظت آنها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها

نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (meq/l)	بافت خاک		
				Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
۰/۰۲	۱۵	۹۱۷/۳۷	۱/۸	۲۸/۸	۱۲	۵۹/۲
EC(dS/m)	pH	کربن آلی (٪)	مواد آلی (٪)			
۷/۳۶	۷/۶۱	۰/۱۸	۰/۳۱	Sandy clay loam		

جدول ۲- عناصر سنگین گردوغبار نمونه‌های به کار رفته و غلظت آنها

عنصر	غلظت (PPM)	استاندارد کیفیت خاک (CCME, 2011)	عنصر	غلظت (PPM)	استاندارد کیفیت خاک (CCME, 2011)
Zn روی	۵۲/۹	۲۰۰	Ni نیکل	۹۴	۵۰
Cu مس	۱۵/۸	۶۳	V وانادیوم	۷۳/۴	۱۳۰
Co کبالت	۱۲/۷	۲۰	Ba باریم	۲۳۱	۷۵۰
U اورانیوم	۱/۹۶	۲۳	Cr کروم	۱۱۶	۶۴
Cd کادمیوم	۰/۶	۱/۴	Pb سرب	۲۰/۲۳	۷۰

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل گیاه و گردوغبار در سطح احتمال (P<۰/۰۵) بر غلظت کلروفیل کل، محتوی نسبی آب، اسید آسکوربیک، pH عصاره برگ و APTI معنی‌دار شد. اختلاف بین سطوح مختلف تیمارها به صورت آنالیز داده‌ها با آزمون تجزیه واریانس و سرانجام، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن (α=۰/۰۵) بررسی گردید.

کلروفیل کل: نتایج نشان داد که گونهٔ قره‌داغ دارای ۳۴/۷۹ (میلی‌گرم در گرم برگ تازه) و تاغ دارای محتوای کلروفیل ۱۴/۹۳ (میلی‌گرم در گرم برگ تازه) بود. در گیاه تاغ، اثر گردوغبار تغییری در مقدار کلروفیل کل ایجاد نکرد ولی در گیاه قره‌داغ با اعمال گردوغبار، مقدار کلروفیل کل کاهش یافت؛ بطوری که مقدار کلروفیل کل در این گونه به مقدار ۱۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۱).

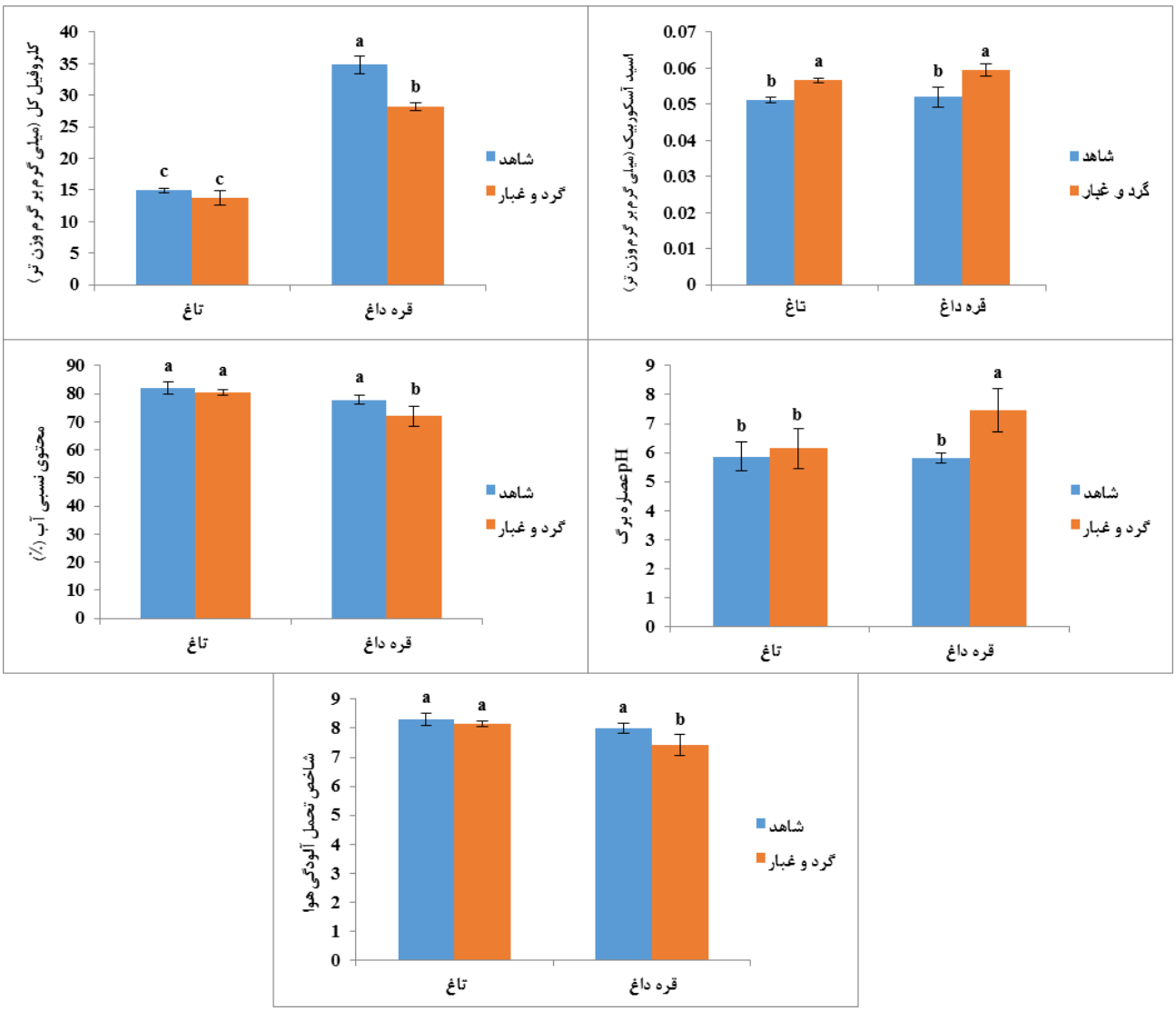
اسید آسکوربیک: نتایج نشان داد که میزان اسید آسکوربیک گونهٔ قره‌داغ فقط به مقدار اندکی (۴ درصد) از گونهٔ تاغ بیشتر بود. در هر دو گیاه، اِعمال تیمار گردوغبار باعث افزایش مقدار اسیدآسکوربیک شد، بطوری که مقدار اسیدآسکوربیک در تاغ ۱۱ درصد و در قره‌داغ به مقدار ۱۴ درصد افزایش یافت (شکل ۱). غلظت اسید آسکوربیک نشان‌دهندهٔ مقاومت گیاه نسبت به شرایط موجود می‌باشد.

pH عصاره برگ: نتایج نشان داد که pH عصارهٔ برگ در تاغ (۵/۸۶) و در گونهٔ قره‌داغ (۵/۷۹) بود که تفاوت ۰/۰۷ واحدی بین این دو گیاه مشاهده شد. در گیاه قره-داغ اعمال تیمار گردوغبار باعث افزایش مقدار pH برگ شد، بطوری که مقدار ۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت در حالی که در گیاه تاغ با اِعمال تیمار گردوغبار تغییری در مقدار pH برگ ایجاد نشد (شکل ۱).

محتوی نسبی آب: محتوی نسبی آب برگ شاخصی مناسب از وضعیت آبی در اندام گیاهی است که به عنوان یک معرف جهت تحمل تنش محیطی پیشنهاد و توانایی آن گیاه برای حفظ آب در شرایط مختلف تنش را نشان می‌دهد [۳۹]، میزان محتوای نسبی آب گونهٔ تاغ (۸۱/۹۱ درصد) و گونهٔ قره‌داغ (۷۷/۸۷ درصد) بود که ۵ درصد تفاوت بین این دو گیاه وجود داشت. در گیاه قره‌داغ با اعمال گردوغبار مقدار محتوای نسبی آب ۸ درصد نسبت به شاهد خود کاهش یافت ولی در گیاه تاغ با اعمال گردوغبار تغییر معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۱).

شاخص تحمل آلودگی هوا: نتایج نشان داد که APTI در تاغ (۸/۳) و در گونهٔ قره‌داغ (۷/۹۹) بود که با اِعمال تیمار گردوغبار در گیاه قره‌داغ، مقدار APTI، ۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت ولی در گیاه تاغ با اِعمال گردوغبار، تغییر معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۱).

براساس نتایج به دست آمده از بررسی رابطهٔ همبستگی بین شاخص APTI با محتوای نسبی آب در دو گونهٔ گیاهی مورد مطالعه، همبستگی مثبت و در سطح ۱ درصد معنی‌دار نشان داد. این بیشترین و قویترین همبستگی را در بین پارامترها بود و اهمیت این پارامتر در تحمل گیاهان نسبت به شرایط گردوغبار را نشان می‌دهد. همچنین APTI با درصد کلروفیل کل، اسید آسکوربیک و pH عصاره برگ، همبستگی مثبت داشت که در pH عصاره برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).



شکل ۱- مقایسه میانگین کلروفیل کل، اسیدآسکوربیک، محتوای نسبی آب، pH برگ و شاخص تحمل به آلودگی هوا در تاغ و قره‌داغ

جدول ۳- همبستگی بین APTI و پارامترهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه

	کلروفیل کل	اسید آسکوربیک	pH عصاره برگ	محتوی نسبی آب	ATPI
کلروفیل کل	۱				
اسید آسکوربیک	۰/۰۵۹	۱			
pH عصاره برگ	۰/۲۱۸	*۰/۶۷۳	۱		
محتوی نسبی آب	-۰/۵۶۰	-۰/۴۶۴	*-۰/۶۸۲	۱	
ATPI	۰/۴۸۷	۰/۴۶۱	*۰/۶۸۳	**۰/۹۹۶	۱

* همبستگی بین متغیرهای مورد بررسی در سطح ۵ درصد معنی‌دار

** همبستگی بین متغیرهای مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار

بحث و نتیجه‌گیری

به‌منظور تعیین میزان حساسیت یا سطح تحمل گیاهان به آلاینده‌های هوا در این پژوهش، تعدادی از شاخص‌های گیاهی از جمله اسید آسکوربیک، محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل کل، pH عصاره برگ مورد استفاده قرار گرفت. با اِعمال گردوغبار، مقدار کلروفیل کل نسبت به شاهد کاهش یافت. به نظر می‌رسد نشست گردوغبار روی سطح برگ‌ها با مانع‌شدن از جذب نور، ساخت کلروفیل را به مخاطره می‌اندازد [۳۷] و در اثر سایه‌اندازی روی برگ

توسط غلظت کلروفیل کاهش می‌یابد [۳۳ و ۴۳] که با تحقیقات نجفی و همکاران [۲۵ و ۲۶] همخوانی دارد.

کاهش محتوای کلروفیل برگ، گویای این است که کلروپلاست یکی از محل‌های اصلی است که مورد تهاجم آلوده‌کننده‌های هوا از قبیل ذرات ریز گردوغبار قرار می‌گیرد. با نفوذ این ذرات به درون بافت برگ از طریق روزنه، باعث تخریب کلروپلاست، کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و تغییر در ترکیب گیاه می‌شود. بسته‌شدن روزنه در شرایط تنش به علت ممانعت از ورود CO_2، هم‌چنین افزایش دمای برگ و در نتیجه افزایش تنفس می‌تواند فتوسنتز گیاه را به کم‌تر از نقطه جبرانی تنزل دهد [۵].

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها مبیّن یک روند افزایشی در محتوای اسیدآسکوربیک در پاسخ به اعمال تیمار گردوغبار است. اسیدآسکوربیک نقش مهمی در مقاومت گیاهان به آلودگی محیط دارد. این ماده یک اسمولیت ثانویه مهم و مسئول فعال‌سازی مکانیسم مقامت در گیاه در شرایط تنش است. ساخت و تولید این اسمولیت از مکانیسم‌های مهمّ دفاعی گیاه در برابر تنش‌های محیطی بوده که در واکنش‌های نوری، تثبیت کربن فتوسنتز و سَم‌زدایی اَشکال فعال اکسیژن نقش دارد [۹].

اسیدآسکوربیک با H_2O_2 واکنش داده و در خنثی‌سازی آن و دیگر ترکیبات از جنس اکسیژن فعال نقش به سزایی داشته و منجر به حفاظت کلروفیل و کاروتنوئیدها در تنش‌های مختلف محیطی می‌شود [۱۷]. از آن‌جا که فعالیت احیاءکنندگی این اسمولیت به میزان اسیدیته سلول وابسته است، حضور ذرات گردوغبار روی سطح برگ به وسیله بالابردن میزان اسیدیته برگ، می‌تواند باعث ایجاد آسیب‌های جدی به ساختار و محتوای برگ شود [۲]. با افزایش میزان آلودگی هوا، میزان اسیدآسکوربیک در گیاهان افزایش می‌یابد [۱۰ و ۱۳].

همچنین با اعمال تیمار گردوغبار، میزان محتوای نسبی آب کاهش یافت. مقدار نسبی آبِ برگ در گیاه هرچه بیشتر باشد آن گیاه در مواجهه با تنش‌های غیرزیستی تعادل فیزیولوژیک خود را بهتر حفظ می‌کند. به عبارت دیگر، محتوای نسبی آب به حفظ تعادل فیزیولوژیکی گیاهان در شرایط تنش کمک و مقاومت آن گیاه در برابر تنش را افزایش می‌دهد [۳۷]. با توجه به این که ذرات گردوغبار نفوذپذیری سلول‌های گیاهی را افزایش می‌دهند، این موضوع منجر به از دست رفتن آب و مواد غذایی محلول برگ و سرانجام پیری زودرس برگ می‌شود. از این رو، گیاهان با محتوای نسبی آب بیش‌تر در برابر آلاینده‌ها مقاوم‌تر هستند [۱۶]. در تحقیقات مشابه، اعمال تیمار گردوغبار به کاهش محتوای نسبی آب منجر شد [۴۱ و ۳۰ و ۱۷]. کمترین محتوای نسبی آب مربوط به گونه قره‌داغ بود که مقدار آب برابر با ۸۱/۹۱ درصد بود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با اِعمال گردوغبار در گونهٔ تاغ و قره‌داغ، میزان pH برگ افزایش یافت. نشست ذرات گردوغبار روی سطوح برگ‌ها سبب افزایش غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های درون سلول‌های گیاهی می‌شود و در نتیجه منجر به تغییر میزان اسیدیته برگ گیاهان خواهد شد. حضور ذرات گردوغبار روی سطح برگ، منجر به انحلال آنها در شیرهٔ سلولی و ایجاد شرایط قلیایی در سلول می‌گردد [۲۰].

دو عامل اسیدآسکوربیک و pH در برگ گیاهان وابستگی زیادی با هم دارند. فعالیت احیاءکنندگی اسیدآسکوربیک به میزان اسیدیته سلول بستگی دارد و در pHهای بالاتر فعال‌تر است [۲]. مطابق با تحقیقات [۲۷]، pH بالای عصاره برگ می‌تواند کارآیی تبدیل قندهای هگزوز به اسیدآسکوربیک به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر شاخص تحمل‌پذیری گیاه را افزایش دهد. به عبارت دیگر، اسیدیته برگ تعیین‌کنندهٔ تشکیل اسیدآسکوربیک از قندهای هگزوز بوده و افزایش pH احتمال این تبدیل را افزایش می‌دهد.

در برخی منابع گزارش گردیده هرچه مقادیر pH عصاره برگ افزایش یابد، توانایی گیاه در جذب آلاینده‌ها بیشتر است [۴۰]. مکمل‌بودن این پارامتر با سایر پارامترها از جمله اسیدآسکوربیک، نقش مهمی در تعیین حساسیت یک گیاه به آلاینده‌ها دارد. در کل، pH عصارهٔ برگ در دو گونه مورد بررسی تقریباً نزدیک هم بود که می‌تواند بیانگر تحمل‌پذیری نسبتاً مناسب گونه‌های مورد بررسی باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد با اِعمال تیمار گردوغبار، میزان شاخص تحمل آلودگی هوا (APTI) کاهش می‌یابد. شاخص APTI قابلیت گیاهان را برای مبارزه با آلودگی

هوا نشان می‌دهد [۳۵]. کاهش APTI تحت شرایط گردوغبار در این پژوهش می‌تواند به دلیل تأثیرات تنش گردوغبار بر مولفه‌های تشکیل‌دهندهٔ آن باشد به‌طوری‌که کلروفیل کل و محتوای نسبی آب هر دو گونه را کاهش و pH عصاره برگ را در قره‌داغ به شدت افزایش داد.

هنگامی که آلاینده‌های گردوغبار از طریق روزنهٔ برگ جذب گیاه می‌شوند، اثرات نامطلوب در سطوح فیزیولوژیک نظیر تغییر pH عصاره برگ، از دست‌دهی رطوبت نسبی، کاهش انحلال مواد مغذی، کاهش تعرق و همچنین اثرات نامطلوب در سطح بیوشیمیایی نظیر کاهش غلظت کلروفیل و سایر رنگدانه‌ها [۱۸] و افزایش رادیکال‌های آزاد در بخش‌های مختلف اندام‌های گیاهی پدیدار می‌گردد [۲۶] که باعث کاهش APTI در گیاه می‌شود. کاهش APTI تحت تنش گردوغبار در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش شده است [۱۰ و ۱۷ و ۴۰ و ۴۱].

بیشترین مقدار APTI، ۸/۱۵ مربوط به تاغ و کم‌ترین مقدار APTI، ۷/۴۱ مربوط به گونه قره‌داغ بود که می‌تواند نشان‌دهندهٔ حساس‌بودن این دو گونه در برابر آلودگی باشد. علت بالابودن مقدار شاخص تحمل به آلودگی هوا در گونه تاغ را می‌توان به بیشتربودن میزان RWC در آن نسبت به دیگر گونهٔ شورپسند دانست. میزان RWC بیشترین اهمیت را در تعیین APTI داشت ولی پارامترهای اسید آسکوربیک و کلروفیل کل اهمیت کمتری از خود نشان دادند.

بطور کلی با استفاده از شاخص تحمل به آلودگی هوا می‌توان گونه یا گونه‌های مناسب برای توسعه کمربند سبز در اطراف شهرهای مناطق خشک و حاشیهٔ بیابانی را انتخاب نمود. گیاهان با APTI بالا برای توسعه کمربند سبز در چنین مناطقی توصیه می‌شوند. نتایج این تحقیق نشان داد با وجود نبود تفاوت معنی‌دار میان شاخص تحمل به آلودگی هوای دو گونه بررسی شده، گونه تاغ به علت شاخص تحمل بالاتر نسبت به قره‌داغ و ارتفاع بیشتر، گزینهٔ مناسب برای کاشت کمربند سبز به‌منظور کاهش آلودگی می‌باشد.

References

[1]. Abbasi, A. & Malayeri, M. R. (2019). Comparative study of sandstorm properties in Iran and world in terms of particle size and material. *Environmental Researches*, 9(18), 53-65 (in Farsi).

[2]. Agbaire, P.O. & Esiefarienrhe, E. (2009). Air pollution tolerance indices (apti) of some plants around otorogun gas plant in Delta State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 13(1), 11-14.

[3]. Ahmadi Foroushani, M., Opp, C. & Groll, M. (2021). Investigation of Aeolian dust deposition rates in different climate zones of Southwestern Iran. *Atmosphere*, 12(2), 1-23.

[4]. Amal, M. A. R. & Mohamed, M. I. (2012). Effect of cement dust deposition on physiological behaviors of some halophytes in the salt marshes of Red Sea. *Journal of Biological Science*, 3(1), 1-11.

[5]. Ashraf, M. & Harris, P.J.C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166(1), 3-16.

[6]. Assadi, A., Ghasemi Pirbalouti, A., Malekpoor, F., Teimori, N. & Assadi, L. (2011). Impact of air pollution on physiological and morphological characteristics of *Eucalyptus camaldulensis* Den. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(2), 676-679.

[7]. Bellini, E. & De Tullio, M. C. (2019). Ascorbic acid and ozone: Novel perspectives to explain an elusive relationship. *Plants*, 8(5), 122.

[8]. CCME. (2011). Canadian soil quality guideline. Canada: Canadian Council of Ministers of the environment.

[9]. Chao, Y.Y., Hong, C.Y. & Kao, C.H. (2010). The decline in ascorbic acid content is associated with cadmium toxicity of rice seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(5), 374-381.

[10]. Chaudhary, I. J. & Rathore, D. (2019). Dust pollution: its removal and effect on foliage physiology of urban trees. *Sustainable Cities and Society*, 51, 1-10.

[11]. Chauhan, A. S. (2008). Impact of dust pollution on photosynthetic pigments of some selected trees grown at nearby of stone-crushers. *Environment Conservation*, 9(3), 11-13.

[12]. 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), 439-46.

[13]. Foyer, C.H., Ruban, A.V. & Noctor, G. (2017). Viewing oxidative stress through the lens of oxidative signalling rather than damage. *Biochemistry*, 474(6), 877-883.

[14]. Gourdji, S. (2018). Review of plants to mitigate particulate matter, ozone as well as nitrogen dioxide air pollutants and applicable recommendations for green roofs in Montreal, Quebec. *Environmental Pollution*, 241(38), 378-387.

[15]. Hamraz, H., Niaraki, A.S., Omati, M. & Noori, N. (2014). GIS-based air pollution monitoring using static stations and mobile sensor in Tehran/Iran. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, 2(12), 435-448.

[16]. Heydarnezhad, S. & Ranjbar-Fordoiem A. (2014). Impact of aeolian dust accumulation on some biochemical parameters in black saxaul (*Haloxylon aphyllum* Bunge) leaves: a case study for the Aran-Bidgol region, Iran. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 4(1), 11-15.

[17]. Javanmard, Z., Tabari Kouchaksaraei, M., Bahrami, H., Hosseini, S.M. & Modarres Sanavi, S. D. (2019). Dust collection potential and air pollution tolerance indices in some young plant species in arid regions of Iran. *iForest*, 12(6), 558-564.

[18]. Joshi, P.C. & Swami, A. (2009). Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plants species. *Journal of Environmental Biology*, 30(2), 295-298.

[19]. Khuzestan forest and rangelands research center. (2018). Executive comprehensive plan to combat dust in the internal centers of Khuzestan. Khuzestan: Agricultural research education and extension organization. 433 pp (in Farsi).

[20]. Kumar Rai, P. & Panda, L.L.S. (2014). Leaf dust deposition and its impact on Biochemical aspect of some Roadside Plants of Aizawl, Mizoram, North East India. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, 3(11), 14-19.

[21]. Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic bio membranes. *Method Enzyme*, 148(4), 350-382.

[22]. Maity, S., Mondal, I., Das, B., Mondal, A.K. & Bandyopadhyay, J. (2017). Pollution tolerance performance index for plant species using geospatial technology: evidence from Kolaghat Thermal Plant area, West Bengal, India. *Spatial Information Research*, 25(1), 57-66.

[23]. Mohammadi, A., Mokhtari, M., Mosleh Arani, A., Taghipour, H., Hajizadeh, Y. & Fallahzadeh, H. (2018). Biomonitoring levels of airborne metals around Urmia Lake using deciduous trees and evaluation of their tolerance for greenbelt development. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(21), 21138-21148.

[24]. Mukherjee, S. P. & Choudhuri, M. A. (1983). Implications of water stress-induced changes in the levels of endogenous ascorbic acid and hydrogen peroxide in *Vigna* seedlings. *Physiology Plant*, 58(2), 166-170.

[25]. Najafi Zilaie, M., Mosleh Arani, A., Etesami, H. & Dinarvand, M. (2022). Improved salinity and dust stress tolerance in the desert halophyte *Haloxylon aphyllum* by halotolerant plant growth-promoting rhizobacteria. *Frontiers in Plant Science*, 13, 948260.

[26]. Najafi Zilaie, M., Mosleh Arani, A., Etesami, H. & Dinarvand, M. (2022). Halotolerant rhizobacteria enhance the tolerance of the desert halophyte *Nitraria schoberi* to salinity and dust pollution by improving its physiological and nutritional status. *Applied Soil Ecology*, 179, 1-16.

[27]. Rai, P. K. (2016). Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 129, 120-136.

[28]. Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Eriksson, P. G., Rautenbach, C. J., de W. Flamant, C. & Abdi Vishkaee, F. (2014). Spatial-temporal variability of dust aerosols over the Sistan region in Iran based on satellite Observations. *Natural Hazards*, 71(1), 563-585.

[29]. Ritchie, S. W. & Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30,105-111.

[30]. Salehi, F., Abbasi, N. & Darabi, F. (2018). An Investigation of the Effects of haze on the Physiology of Plants. *The 2nd International Conference on Dust*, Ilam, 580-586.

[31]. Santosh, K., Prajapati, B. D. & Tripathi, D. (2008). Anticipated Performance Index of some tree species considered for green belt development in and around an urban area: A case study of Varanasi city, India. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1343-1349.

[32]. Senthil, P. K., Sobana, K., Kavitha, K. & Jegadeesan, D. M. (2015). A study on the effect of cement dust pollution on certain physical and biological parameters of *Sessamum indicum* plant. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(1), 1-3.

[33]. Setsungnern, A., Treesubsuntorn, C. & Thiravetyan, P. (2018). Chlorophytum comosumbacteria interactions for airborne benzene remediation: effect of native endophytic Enterobacter sp. EN2 inoculation and blue-red LED light. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130,181-191.

[34]. Shannigrahi, A. S., Fukushima, T. & Sharma, R. C. (2003). Anticipated air pollution tolerance of some plant species considered for green belt development in and around an industrial/urban area in India: an overview. *International Journal of Environmental Studies*, 61(2), 125-137.

[35]. Shojaee Barjoee, S., Azimzadeh, H. R. & Mosleh Arani, 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 Farsi).

[36]. Singh, S. K. & Rao, D. N. (1983). Evaluation of plants for their tolerance to air pollution. *In:* Proceeding of the Symposium on Air Pollution Control. India, 218-224.

[37]. Singh, P. & Pal, A. (2017). Response of dust accumulation on roadside plant species due to open cast mining at Jhansi-Allahabad NH-76, Uttar Pradesh, India. *Tropical Plant Research*, 4(3), 461-467.

[38]. Singh, S.N. & Rao, D.N. (1981). Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. *Environmental Pollution*, 24(1), 75-81.

[39]. Thompson, J.R., Mueller, P.W., Fluckiger, W. & Rutter, A. J. (1984). The effect of dust on photosynthesis and its significance for roadside plants. *Environmental Pollution*, 34, 171-190.

[40]. Yadav, R. & Pandey, P. (2020). Assessment of Air Pollution Tolerance Index (APTI) and Anticipated Performance Index (API) of Roadside Plants for the Development of Greenbelt in Urban Area of Bathinda City, Punjab, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105, 906-914.

[41]. Yaghmaei, L., Jafari, R., Soltani, S., Eshghizadeh, H. R. & Jahanbazy, H. (2020). Interaction Effects of Dust and Water Deficit Stresses on Growth and Physiology of Persian Oak (*Quercus Brantii* Lindl.). *Journal of Sustainable Forestry*, 41(2), 134-158.

[42]. 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.

[43]. Zilaie, M.N., Arani, A.M., Etesami, H., Dinarvand, M. & Dolati, A. (2022). Halotolerant plant growth-promoting rhizobacteria-mediated alleviation of salinity and dust stress and improvement of forage yield in the desert halophyte seidlitzia rosmarinus. *Environmental and Experimental Botany*. 201, 104952.

Comparison of air pollution tolerance index in two species of *Haloxylon aphyllum* and *Nitraria schoberi* under dust conditions (Short Research Paper)

1- Mahmoud Najafi Zeilaei*, Ph.D. in Desert Management and Control, Yazd University, Yazd, Iran. mahmoodnajafi1364@gmail.com
2- Asghar Mosleh Arani, Professor, Department of Environment, Yazd University, Yazd, Iran.
3- Hassan Etesami, Associate Professor, Department of Soil Science, University of Tehran, Tehran, Iran.
4- Mehri Dinarvand, Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources of Khuzestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran.

Received: 23 Nov. 2021
Accepted: 14 Mar. 2022

Abstract

Identifying suitable plant species to create green belts around cities in arid and desert areas, in order to reduce air pollution is very important. Air pollution tolerance index is one of the known indicators to determine the tolerance of plant species to air pollution. The aim of this study was to investigate the effect of dust on the physiological and biochemical characteristics of two halophyte species of *Haloxylon aphyllum* and *Nitraria schoberi* and to determine the appropriate species for green belt. The experiment was done in a factorial experiment in a completely randomized design, with two treatments (no dust and dust) in three replications for 5 months in greenhouse conditions. In order to investigate the effect of dust, dusting was performed on the samples with a time interval of one week (1.5 g/m^2/month) using a dust simulator. Finally, the parameters of ascorbic acid, total chlorophyll, relative water content and pH of leaf extract and finally the air pollution tolerance index of the two species were measured. The results showed that the total chlorophyll parameter of *H. aphyllum* and *N. schoberi* decreased by 8 and 19%, respectively, compared to the control, while relative water content increased by 3 and 8%, respectively. The pH of *N. schoberi* leaf extract increased by 29% compared to the control. The highest APTI value of 8.15 was related to *H. aphyllum* and the lowest APTI value of 7.41 was related to *N. schoberi* species. According to the obtained results, despite the small differences between the air pollution tolerance index of the two species, *H. aphyllum* species can be a suitable option for planting a green belt to reduce air pollution due to its higher tolerance index and plant height than *N. schoberi*.

Keywords: Air Pollution Tolerance Index, Physiological and biochemical properties, dust, Halophytic species.