اثر غبار اتمسفری روی برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و بیوفیزیکی برگ درخت پسته (*Pistacia vera* L.)؛ مطالعه موردی باغات پسته کاشان

ابوالفضل رنجبرفردوئی[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۳)

چکیده

گرد و غبار به‌عنوان یکی از شایع‌ترین آلوده‌کنندگان هوا محسوب می‌شود. هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی اثر گرد و غبار روی ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ درخت پسته باغی (*Pistacia vera* L.) در منطقه کاشان بود. در این بررسی تعدادی از ویژگی‌های برگ شامل: سطح مخصوص، محتوی نسبی آب، محتوی کلروفیل کل، محتوی نیتروژن و فسفر، اسید آسکوربیک، قندهای محلول و شاخص تحمل آلودگی هوا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصله، اثر معنی‌دار انباشتگی گرد و غبار بر این ویژگی‌ها را نشان داد. در بیشتر پارامترهای مورد مطالعه، روند تغییرات با افزایش بار گرد و غبار ناهمسو بود، درحالی‌که پاسخ شاخص‌های تحمل آلودگی هوا و اسید آسکوربیک در جهت روند مذکور بود. در مقایسه با شاهد، پارامترهای محتوی نسبی آب، نیتروژن، کلروفیل کل و سطح مخصوص برگ کمتر و صفات اسید آسکوربیک، تحمل آلودگی هوا، قندهای محلول و محتوی فسفر برگ، بیشتر تحت تأثیر کمیت‌های مختلف گرد و غبار قرار گرفتند. بر مبنای نتایج گزارش شده در این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که باقی‌ماندن طولانی‌مدت ذرات گرد و غبار روی سطوح تبادل گازی (فتوسنتز و تنفس) گیاه سبب تغییرات مهم در رفتار بیوشیمیایی و بیوفیزیکی آن می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش محصول پسته شود.

واژه‌های کلیدی: گرد و غبار، کلروفیل کل، اسید آسکوربیک، قندهای محلول، سطح ویژه برگ، محتوی نیتروژن

۱. دانشیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: aranjbar@kashanu.ac.ir

مقدمه

گرد و غبار مجموعه‌ای از ذرات ریز با منشاء طبیعی و یا صنعتی است و به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین آلوده‌کننده‌های هوا محسوب می‌شود. گزارش‌ها بیانگر آن است که سالانه حدود سی میلیون تن گرد و غبار به اتمسفر زمین وارد و پراکنده می‌شود (۳۸). عوامل متعددی زنده‌مانی گونه‌های گیاهی مناطق خشک و بیابانی را تهدید می‌کند که یکی از متداول‌ترین آنها گرد و غبار حاصل از تخریب خاک است. در محیط‌های خشک کمبود رخدادهای باران مانع زدودن ذرات گرد و غبار از برگ‌ها و سایر سطوح گیاه می‌شود و موجب می‌شود این ذرات برای مدتی طولانی باقی بماند (۳۲ و ۳۷). رسوب ذرات گرد و غبار بر روی اندام‌های هوایی گیاه موجب تغییرات متعدد شیمیایی یا بیوشیمیایی (مانند محتوی کلروفیل، قندهای محلول و پروتئین) و در نهایت منجر به کاهش تولید اولیه آن می‌شود (۱۸ و ۳۴). مطالعات متعدد بیان کننده توقف و عقب‌نشینی فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان ناشی از اثر گرد و غبار است (۱۰ و ۱۷). ترکیب شیمیایی غبار، اندازه ذرات، مدت ماندگاری و مقدار رسوب آن، اثرات سمی بر گیاهان دارد (۳۸). برخی گزارش‌ها بیانگر جذب شدن برخی از ذرات غبار از طریق روزنه‌ها و غشا خارجی برگ است که تأثیر مخرب آن، تخریب کلروفیل، کاهش فعالیت فتوسنتزی، بافت‌مردگی، کاهش مقاومت انتشار روزنه‌ای، افزایش دمای برگ، بروز علائمی شبیه به علائم ناشی از تنش خشکی و توقف رشد گیاه را شامل می‌شود (۱۰، ۲۵ و ۲۹). چوهان و سانجیو (۱۱) با مطالعه روی درختان متعدد از جمله درخت گوآوای زرد (*Psidium guajava* L.) دریافتند که گرد و غبار سبب تخریب دستگاه فتوسنتزکننده برگ به‌ویژه کاهش معنی‌دار محتوی کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها می‌شود. دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه بیانگر کاهش محتوی نسبی آب برگ (۲۱)، محتوی کلروفیل (۲۷)، محتوی نیتروژن و فسفر (۳۹) و کاهش سطح ویژه برگ ناشی از آلوده‌کننده‌های هوا مانند گرد و غبار است.

خاستگاه درخت پسته غرب آسیا و آسیای صغیر است، جایی که هنوز گونه‌های بومی این گیاه به وفور یافت می‌شود (۱۲). گونه اهلی گیاه پسته در حوضه مدیترانه، مناطق خشک و نیمه‌خشک خاورمیانه و ایران کشت می‌شود. پسته بزرگ‌ترین محصول باغی به‌لحاظ سطح زیر کشت و درامدزایی است که بیش از ۶۰ درصد صادرات تولیدات کشاورزی کشور را به خود اختصاص داده است (۶). سطح قابل توجهی از باغات پسته ایران در مناطق خشک و حاشیه بیابان‌ها قرار دارد، جایی‌که به‌علت کمبود بارش و دمای بالای محیط و به‌تبع آن فرایند سریع فرسایش بادی و انتقال ذرات خاک، جولانگاه طوفان‌های گرد و غبار محلی است که لازم است به آن گرد و غبارهای منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای هم اضافه شود. نشست گرد و غبار معلق در هوا بر سطوح برگ و سایر اندام‌های هوایی گیاه حیات آن را تهدید می‌کند.

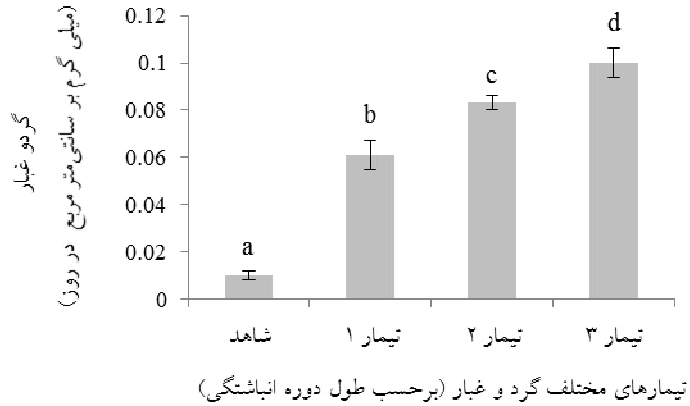
هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر رسوب گرد و غبار بر ویژگی‌های شیمیایی و بیوشیمیایی برگ درختان پسته در مناطق خشک و حاشیه بیابان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در مجموعه باغ‌های پسته واقع در حاشیه شهر بادرود از توابع شهرستان کاشان با مختصات ′۸۷°۳۳ شمالی و ′۹۷°۵۱ شرقی انجام شد. میانگین ۳۰ ساله بارش این منطقه ۱۳۰ میلی‌متر، متوسط پتانسیل تبخیر و تعرق سالانه ۲۵۰۰ میلی‌متر با دوره خشکی ۹ ماه در سال، با اقلیم کاملاً گرم و تابستان خشک و دمای متوسط سالیانه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد (۵) که سالانه طوفان‌های گرد و غبار با منشا داخلی و خارجی را تجربه می‌کند.

چهار نقطه و هر نقطه به مساحت ۴۰۰ مترمربع از مناطق پسته‌کاری اطراف شهر بادرود برای اجرای آزمایش انتخاب شد. در هر نقطه، چهار اصله درخت تقریباً یکسان (به لحاظ ارتفاع و تاج پوشش) انتخاب شد. روی هر درخت یک شاخه کوچک (twig) و تقریباً یکسان (به لحاظ سن، طول شاخه،



شکل ۱. تغییرات انباشتگی گرد و غبار روی برگ‌های درخت پسته در منطقه مورد مطالعه، شامل شاهد و سه سطح انباشتگی شامل تیمارهای یک، دو و سه. حروف متفاوت و میله‌های روی هر هیستوگرام به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال حداکثر پنج درصد و مقدار خطای معیار (±) است.

تعداد برگ لازم برای نمونه‌برداری) با قرار دادن پلاک تعیین شد. اولین درخت به‌عنوان شاهد و برای اندازه‌گیری مقدار رسوب گرد و غبار و صفات شیمیایی و بیوشیمیایی مورد نظر اختصاص یافت. به‌منظور جلوگیری از نشست گرد و غبار، برگ‌های شاخه تعیین شده روی این اصله، هر هفته توسط آب مقطر با دقت شستشو شدند. بر این اساس تفاوت معنی‌داری برای تیمار شاهد در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری مشاهده نشد (شکل ۱). دومین، سومین و چهارمین درخت به تیمارهای گرد و غبار در دوره‌های ۳۰ (تیمار یک)، ۶۰ (تیمار دو) و ۹۰ روزه (تیمار سه) اختصاص داده شدند (۹). اندازه‌گیری‌ها در پایان هر دوره [(تیمار یک (خرداد)، تیمار دو (خرداد و تیر) و تیمار سه (خرداد، تیر و مرداد)] سال ۱۳۹۵ انجام شد، زیرا در طول این ماه‌ها علاوه‌بر خشک بودن هوا، فراوانی بروز طوفان‌های گرد و غبار هم بالا بود. جهت جلوگیری از اثر پیربرگی بر پارامترهای مورد مطالعه، داده‌های حاصل از نمونه‌برداری در شهریورماه در محاسبات تجزیه واریانس اعمال نشد. از آنجا که نقاط نمونه‌برداری از هم فاصله زیاد نداشتند، اثر محل در نظر گرفته نشد. کلیه نقاط مورد مطالعه از رژیم و روش آبیاری یکسان (آبیاری هفتگی به روش غرقابی) برخوردار بودند. در کل تعداد ۱۶ اصله درخت پسته در قالب یک طرح کاملاً تصادفی، با چهار تکرار برای هر تیمار (دوره انباشتگی)، در این مطالعه استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها در میان تیمارهای مختلف به روش دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

در این آزمایش هشت صفت برگ شامل سطح مخصوص، محتوی نسبی آب، محتوی کلروفیل کل، محتوی نیتروژن و فسفر، اسید آسکوربیک، قندهای محلول و شاخص تحمل آلودگی هوا (ناشی از گرد و غبار) مورد مطالعه قرار گرفت.

اندازه‌گیری مقدار گرد و غبار نشسته روی برگ به روش پرابهات و لالیتا (۲۸) انجام شد. بدین منظور از هر شاخه سه برگ برداشت و بلافاصله به داخل بشر شیشه‌ای از قبل توزین شده (توسط ترازوی الکترونیک) با آب مقطر شستشو شد. سپس با قرار دادن بشر در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد (آون)، آب حاوی گرد و غبار تبخیر و با وزن کردن مجدد بشر، مقدار انباشت گرد و غبار با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$\text{مقدار گرد و غبار برحسب میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع} = (W2 - W1) / A \qquad [1]$$

در این رابطه W = مقدار گرد و غبار برحسب میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع، W۱ = وزن بشر بدون گرد و غبار، W۲ = وزن بشر با گرد و غبار و A = سطح کل برگ‌ها برحسب سانتی‌متر مربع

اندازگیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)

محتوی نسبی آب برگ به روش ارائه شده توسط کریشناونی و همکاران (۲۳) اندازگیری و محاسبه شد (رابطه ۲).

محتوی نسبی آب در برگ = [(Wf – Wd) / (Wt – Wd)]×۱۰۰ [۲]

در این رابطه، Wf = وزن برگ تازه، Wt = وزن برگ در حالت آماس یافته و Wd = وزن خشک برگ است. در این مرحله برای هر نمونه سطح ویژه برگ (SLA) با استفاده از سطح برگ و وزن خشک آن محاسبه شد.

تعیین محتوی کلروفیل کل (TCC)

تجزیه کلروفیل براساس روش ارائه شده توسط آرنون (۳) انجام شد. بدین منظور ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ (خرد شده توسط نیتروژن مایع) با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد خنک مخلوط و به‌مدت ۱۵ دقیقه نگهداری شد. سپس بخش مایع جدا و به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. محلول رویی عصاره جمع‌آوری و میزان جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از یک دستگاه اسپکتروفتومتر (U-2001-Hitachi, Japan) تعیین شد. محاسبه محتوی کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم بافت برگ طبق رابطه (۳) تعیین شد.

کلروفیل کل = [(۲۰/۳ × $D_{۶۴۵}$) + (۸/۰۲ $D_{۶۶۳}$)] × V / W× ۱۰۰۰ [۳]

در این رابطه D بیانگر طول موج ویژه، V حجم نهایی کلروفیل در استون و W وزن تر بافت برگ است

اندازه‌گیری محتوی اسید آسکوربیک (AAC)

محتوی اسید آسکوربیک (برحسب میلی‌گرم بر گرم) با استفاده از روش تیتریمتریک ارائه شده توسط ساداسیوام و بالاسوبرامانیان (۳۰) با استفاده از رنگ ۶-۲ دیکلروفنول ایندوفنول اندازه‌گیری شد. در این روش ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه برگ توسط اگزالیک اسید چهار درصد عصاره‌گیری و حجم آن به ۱۰۰ میلی‌لیتر افزایش یافت. محتوی مذکور به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. پنج میلی‌لیتر از عصاره فوقانی با ۱۰ میلی‌لیتر اگزالیک اسید مخلوط شد. محلول حاصله بر علیه محلول استاندارد ساخته شده تیتر شد تا یک محلول صورتی رنگ به‌دست آمد. این روش بدون اضافه کردن نمونه تکرار شد. پنج میلی‌لیتر اسید آسکوربیک ۱۰۰ rpm به‌عنوان استاندارد انتخاب شد.

تعیین محتوی قندهای محلول (TSS)

به‌منظور تعیین محتوی قندهای محلول ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره (تهیه شده برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل) با سه میلی‌لیتر آنترون تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون مخلوط شده با ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط شد. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و پس از خنک شدن، جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد. استانداردها از گلوکز خالص در غلظت‌های متفاوت و براساس روش ایریگین و همکاران (۲۰) تهیه شد.

تعیین محتوی نیتروژن برگ (LNC)

محتوی نیتروژن برگ‌ها با استفاده از روش کجلدال ارائه شده توسط A.O.A.C. (۱۹۸۰) انجام شد. ۰/۲ گرم از نمونه برگ وزن و به داخل فلاسک کجلدال ریخته شد، یک قرص سلنیوم کاتالیست همراه با آب مقطر اضافه شد. پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به تدریج به فلاسک اضافه شد و در دایجستر قرار گرفت. بعد از تکمیل عمل هضم، محتوی به یک فلاسک ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد. ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره هضم شده با ۱۰ میلی‌لیتر از هیدروکسید ۴۵ درصد به واحد تقطیر (Mrkham Still) اضافه و اجازه داده شد با ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروبوریک تقطیر شود.

تعیین محتوی فسفر برگ (LPC)

محتوی فسفر برگ با استفاده از روش کالریمتریک تعیین

شد. پنج میلی‌لیتر از عصاره به یک فلاسک ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد. ۱۰ میلی‌لیتر از معرف مولیبدوفسفریک آبی اضافه شد. استانداردهای مختلف بین صفر تا ۱۰ppm فسفر آماده، به هر کدام ۱۰ میلی‌لیتر معرف اضافه و با استفاده از یک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۰۰ نانومتر قرائت شد. با استفاده از منحنی استاندارد به‌دست آمده، مقادیر فسفر محاسبه شد.

تعیین pH برگ

برای تعیین pH برگ از روش ارائه شده توسط کریشناونی و همکاران (۲۳) استفاده شد. در این روش ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه به‌طور کامل کوبیده و خمیری شد. به خمیر به‌دست آمده ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دی‌یونیزه اضافه شد. مخلوط به‌دست آمده فیلتر و سپس pH عصاره برگ تعیین شد.

محاسبه شاخص تحمل آلودگی هوا (ناشی از گرد و غبار) (APTI)

از آنجا که در منطقه مورد مطالعه منابع آلوده کننده غیر طبیعی مانند کارخانه‌ها، معادن ماسه و سنگ و ... وجود ندارد و عمده آلودگی هوا ناشی از طوفان‌های گرد و غبار محلی، منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای است، بنابراین شاخص تحمل آلودگی هوا را می‌توان به شاخص تحمل گرد و غبار نسبت داد. در نمونه برگ‌های منتخب، شاخص فوق با استفاده از رابطه (۴) ارائه شده توسط سینق و رائو (۳۳) محاسبه شد. براساس مقادیر به‌دست آمده، نتایج اثرات مقادیر مختلف انباشتگی گرد و غبار روی گیاه مورد نظر براساس روش ارائه شده توسط کالیانی و سینگاراشاریا (۲۲) طبقه‌بندی شد.

$$\text{شاخص تحمل آلودگی هوا (ناشی از گرد و غبار)} = [A\,(T+P)+R]/10 \qquad [۴]$$

در این رابطه، A بیانگر محتوی اسید آسکوربیک، T نشان‌دهنده محتوی کلروفیل کل، P مبین pH عصاره برگ و R گویای محتوی نسبی آب برگ است.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر انباشت گرد و غبار بر صفات بیوشیمیایی و بیوفیزکی برگ در جدول (۱) ارائه شده است. بر این اساس اثر سطوح مختلف انباشت در سطح احتمال حداکثر پنج درصد معنی‌دار بود.

اثر تیمارهای مختلف انباشتگی گرد و غبار بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج اثر تیمارهای مختلف انباشتگی گرد و غبار بر صفات مختلف مورد مطالعه در برگ پسته در جدول (۲) ارائه شده است. داده‌های ارائه شده گویای یک رابطه متضاد بین افزایش انباشتگی گرد و غبار و محتوی نسبی آب برگ است. به‌طوری‌که مقدار بیشینه این صفت (۷۱ درصد) در تیمار شاهد و کمینه آن (۶۶/۲ درصد) در بالاترین سطح انباشتگی گرد و غبار مشاهده شد. کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب در تیمار یک شروع شد، بین دو تیمار یک و تیمار دو فاقد اثر معنی‌دار بود و در تیمار دو به حداقل مقدار خود رسید. محتوی آبی برگ شاخصی مناسب برای بیان وضعیت آب در گیاهان است و وضعیت فراگیرتری از تعادل میزان عرضه و تبخیر و تعرق را نشان می‌دهد (۲۴)، بنابراین گرد و غبار به‌عنوان یک فاکتور آلوده کننده محیط، مسئول تغییر در رطوبت نسبی برگ است، گرچه این فاکتور عمدتاً وابسته به مقدار رطوبت قابل دسترس در خاک است. نتایج به‌دست آمده با نتایج سامی و وقار (۳۱) مطابقت دارد.

نتایج مقایسه میانگن‌ها مبین یک روند فزاینده در محتوی اسید اسکوربیک در پاسخ به تیمارهای مختلف انباشتگی گرد و غبار است. به‌طوری‌که که بیشینه این صفت (۶/۲۱) در تیمار سه و کمینه آن (۳/۴۱) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲). اسید اسکوربیک یک اسمولیت ثانویه مهم و مسئول فعال‌سازی مکانیزم مقاومت در پیکر گیاه در شرایط تنش همراه با ایجاد رادیکال‌های آزاد است (۲). دلیل افزایش این متابولیت تحت شرایط تنش ناشی از افزایش بار آلودگی محیط را می‌توان به تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی نسبت داد (۲۴). داده‌های

جدول ۱. خلاصه نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف انباشتگی گرد و غبار بر صفات بیوشیمیایی و بیوفیزکی برگ پسته

پارامتر مورد مطالعه	RWC	ACC	TCC	TSS	LNC	LPC	SLA	APTI
پارامتر تحلیل واریانس								
F	۷/۹۱۸	۲/۸۶۱	۰/۲۷۰	۲/۳۴۱	۰/۹۶۹	۷/۹۵۷	۴۹/۶۵۸	۳۶/۷۳۱
MS	۴۲/۸۸۹	۴/۶۴۸	۲۳/۴۰۴	۶۴۱/۴۴۵	۱۱۰/۹۲۵	۲۵۰/۷۱۷	۱۶/۲۸	۱۴/۹۵۴
P	۰/۰۰۹***	۰/۰۰۱***	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۱***	۰/۰۰۵***	۰/۰۰۱***	۰/۰۰۹***	۰/۰۰۵***

** و * معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns غیر معنی‌دار. به‌ترتیب: محتوی نسبی آب (RWC)، محتوی اسید آسکوربیک (ACC)، محتوی کلروفیل کل (TCC)، محتوی قندهای محلول (TSS)، محتوی نیتروژن برگ (LNC)، محتوی فسفر برگ (LPC)، سطح ویژه برگ (SLA) و شاخص تحمل آلودگی هوا (APTI)

جدول ۲. اثر تیمارهای مختلف انباشتگی گرد و غبار بر فراهمی صفات شیمیایی و بیوشیمیایی برگ پسته

صفت مورد مطالعه	RWC (%)	ACC ($mg\ g^{-1}$)	TCC ($mg\ g^{-1}$)	TSS ($mg\ g^{-1}$)	LNC ($mg\ g^{-1}$)	LPC ($mg\ g^{-1}$)	SLA ($cm^2\ g^{-1}$)	APTI
تیمار گرد و غبار ($mg\ cm^2\ d^{-1}$)								
شاهد	۷۱/۷±۱/۶^a	۳/۴۱±۰/۰۳^a	۰/۶۷±۰/۰۳^a	۱۷/۲۴±۰/۰۴^a	۱۰/۱۷±۰/۰۷^a	۱۵/۲۵±۰/۰۶^a	۴۲/۴۰±۰/۵^a	۳۲/۴^a
تیمار یک	۶۸/۸±۱/۱^b	۴/۰۲±۰/۰۱^b	۰/۵۹±۰/۰۳^b	۱۶/۰۲±۰/۰۵^b	۹/۴۶±۰/۰۹^b	۱۴/۰۲±۰/۱۸^b	۴۰/۱۰±۰/۲^b	۳۴/۶^a
تیمار دو	۶۷/۸±۲/۱^b	۵/۲۳±۰/۰۴^c	۰/۵۷±۰/۰۱^b	۱۵/۴۸±۰/۰۵^{bc}	۹/۱۵±۰/۰۶^b	۱۲/۷۰±۰/۲۳^c	۳۹/۲۷±۰/۹^b	۴۰/۲^b
تیمار سه	۶۶/۲±۲/۰^{bc}	۶/۲۱±۱/۰۴^d	۰/۵۲±۰/۰۲^c	۱۵/۱۷±۰/۰۶^c	۸/۸۴±۰/۰۸^c	۱۱/۳۰±۰/۰۷^d	۳۷/۱۰±۰/۴^c	۴۳/۵^c

حروف مختلف در هر ستون، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال حداکثر پنج درصد است. به‌ترتیب: محتوی نسبی آب (RWC)، محتوی اسید آسکوربیک (ACC)، محتوی کلروفیل کل (TCC)، محتوی قندهای محلول (TSS)، محتوی نیتروژن برگ (LNC)، محتوی فسفر برگ (LPC)، سطح ویژه برگ (SLA) و شاخص تحمل آلودگی هوا (APTI)

حاصل از مطالعه حاضر در خصوص محتوی اسید اسکوربیک با نتایج دوای‌ودی و تریپاتی (۱۵) و سمی و وقار (۳۱) منطبق است.

نتایج نشان داد که با افزایش انباشتگی گرد و غبار از شاهد به تیمار یک، محتوی کلروفیل کل برگ ۱۲ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این در حالی است که روند کاهشی این صفت بین تیمارهای یک و دو معنی‌دار نبود. در مقایسه با شاهد، بیشترین درصد کاهش محتوی کلروفیل (۲۲ درصد) در تیمار سه مشاهده شد. کاهش قابل توجه محتوی کلروفیل برگ گویای این است که کلروپلاست یکی از محل‌های عمده‌ای است که مورد هجوم آلوده‌کنندگان هوا از جمله ذرات ریز گرد و غبار قرار می‌گیرد و با نفوذ این ذرات به درون بافت برگ از طریق روزنه، سبب تخریب کلروپلاست و کاهش محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود، همچنین سایه ایجاد شده توسط گرد و غبار روی برگ سبب تغییر محتوی کلروفیل می‌شود (۳۳). کاهش محتوی کلروفیل کل ناشی از تجمع گرد و غبار، قبلاً توسط سایر محققین در گونه‌های مختلف گیاهی از جمله سوزنی برگان (۲۵) و زیتون (۱۴ و ۱۶) گزارش شده است.

نتایج مطالعه حاضر گویای کاهش معنی‌دار قندهای محلول کل در سطوح مختلف تیمارهای گرد و غبار است. در میان تیمارهای مختلف مورد مطالعه، تیمار دو بیشترین کاهش (۱۲ درصد) را در فراهمی صفت مورد نظر نسبت به شاهد آشکار

کرد. تراکم قندهای محلول مبین فعالیت فیزیولوژیکی گیاه و تعیین کننده میزان مقاومت آن به آلودگی هوا است. کاهش محتوی قندهای محلول در اثر افزایش انباشت گرد و غبار را می‌توان به افزایش تنفس و کاهش فعالیت فتوسنتز به‌علت تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی نسبت داد (۳۴). نتایج حاصل از مطالعه حاضر در خصوص محتوی قندهای محلول با نتایج تزورترا و کگارو (۳۶) روی چند گونه از درختان جنگلی منطبق است.

پاسخ محتوی نیتروژن برگ به تیمارهای مختلف گرد و غبار متفاوت بود و در دامنه‌ای بین ۱۰/۱۷ (بیشینه) تا ۸/۸۴ (کمینه) میلی‌گرم بر گرم قرار داشت. با توجه به نتایج جدول (۲) و در مقایسه با کنترل، میزان کاهش معنی‌دار این صفت بین دو حد مذکور ۱۳/۱ درصد براورد شد. این در حالی است که محتوی نیتروژن برگ بین تیمار یک و تیمار دو، اختلاف معنی‌داری نشان نداد. از آنجا که نیمی از نیتروژن موجود در برگ به دستگاه فتوستز کننده اختصاص دارد، به‌نظر می‌رسد هرگونه تغییر در محتوی نیتروژن برگ بر میزان فتوسنتز مؤثر است (۱۹). نتایج حاصل از مطالعه حاضر در خصوص محتوی نیتروژن برگ با نتایج چاتورودی و همکاران (۱۰) روی چند گونه از درختان گرمسیری مطابقت دارد.

نتایج مقایسه میانگن‌ها بیانگر یک روند کاهشی معنی‌دار در محتوی فسفر برگ در پاسخ به افزایش انباشتگی گرد و غبار است. به‌طوری‌که که بیشینه این صفت (۱۵/۲۵) در تیمار شاهد و کمینه آن (۱۱/۳۰) در تیمار سه مشاهده شد (جدول ۲). از آنجا که فسفر نقش محوری در بیشتر فعالیت‌های متابولیسمی گیاهان دارد، تغییر محتوی آن در برگ به‌طور مستقیم بر میزان فتوسنتز و به‌طور غیر مستقیم بر مقدار سنتز پروتئین اثر می‌گذارد، همچنین کاهش محتوی فسفر برگ ناشی از افزایش انباشتگی گرد و غبار سبب کاهش سنتز اسمولیت‌ها و پروتئین‌های محلول در برگ می‌شود (۷). نتایج حاصل از مطالعه حاضر در خصوص محتوی فسفر برگ با نتایج چاتورودی و همکاران (۱۰) روی چند گونه از درختان گرمسیری مطابقت دارد.

داده‌های ارائه شده در جدول‌های (۱) و (۲) کاهش معنی‌دار اثر انباشتگی گرد و غبار بر سطح ویژه برگ را تأیید می‌کند. در مقایسه با کنترل، میزان کاهش این صفت بین دو تیمار کنترل و حداکثر بار گرد و غبار (تیمار سه) ۱۲/۵ درصد براورد شد. این در حالی است که در میان تیمارهای مورد مطالعه، سطح ویژه برگ بین تیمار یک و تیمار دو اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کاهش سطح برگ در پاسخ به آلودگی هوا را می‌توان به کاهش تولید برگ و پیری زودرس آن نسبت داد که منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود (۲۹). همچنین کاهش سطح ویژه برگ در اثر رسوب گرد و غبار توسط محققین دیگر گزارش شده است (۱، ۱۴ و ۲۶).

داده‌های ارائه شده گویای یک رابطه مستقیم بین افزایش انباشتگی گرد و غبار و ارزش شاخص تحمل آلودگی هوا است. به‌طوری‌که مقدار کمینه این صفت (۷۱ درصد) در تیمار شاهد و بیشینه آن (۶۶/۲ درصد) در بالاترین سطح انباشتگی گرد و غبار مشاهده شد. افزایش معنی‌دار شاخص تحمل آلودگی هوا در تیمار دو شروع شد و در تیمار سه به حداکثر مقدار خود رسید، درحالی‌که بین دو تیمار شاهد و تیمار یک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کالیانی و سینگاراشاریا (۲۲)، دامنه شاخص تحمل آلودگی هوا را بین ۱ تا ۱۰۰ تعیین کردند. در این دامنه، از ۱ تا ۱۶ به‌عنوان گونه حساس، از ۱۷ تا ۲۹ به‌عنوان نیمه‌متحمل و از ۳۰ تا ۱۰۰ به‌عنوان متحمل یاد شده است. نتایج ارائه شده در آزمایش حاضر نشان داد که تمام گیاهان مورد مطالعه، دارای شاخص تحمل آلودگی بیشتر از ۳۰ هستند و به‌عبارت دیگر متحمل آلودگی هوا در دامنه تیمارهای تعیین شده هستند. همچنین داده‌های به‌دست آمده مبین یک رابطه مثبت بین شاخص تحمل آلودگی هوا و محتوی اسید آسکوربیک است ($r = ۹۹/۱$). مشابه این نتایج توسط کریشناوی و همکاران (۲۳)، تری‌پاتی و همکاران (۳۵) و داس و پراساد (۱۳)گزارش شده است.

گرد و غبار یکی از شاخص‌های عمده آلوده کننده هوا در

مناطق خشک است. در این مناطق کمبود رخدادهای باران مانع زدودن ذرات گرد و غبار از برگ‌ها و سایر سطوح گیاه می‌شود. بر مبنای نتایج گزارش شده در این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که باقی‌ماندن طولانی‌مدت ذرات گرد و غبار روی سطوح تبادل گازی (فتوسنتز و تنفس) گیاه، سبب تغییرات مهم در رفتار بیوشیمیایی و بیوفیزیکی آن می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش محصول پسته باغی شود. واضح است که آلودگی ناشی از گرد و غبار یک فاکتور آسیب‌زا در کیفیت محیط و کمیت اقتصادی محصولات باغی است.

منابع مورد استفاده

1. Ahmed, K. J., M. Yunus, S. N. Singh, K. Shrivastava, N. Singh and K. Kulshreshtha. 1988. Survey of Indian plants in relation to atmospheric. pp. 283-306. *In:* D. N. Rao, K. J. Ahmed, M. Yunus and S. N. Singh (Eds.), Perspective in Environmental Botany. Today and Tomorrow's Publishes, New Delhi.
2. Agbaire, P. O. and E. Esiefarienrhe. 2009. Air pollution tolerance indices of some plants around Otorogun Gas Plant in Delta State, Nigeria. *Journal of Applied Science and Environment Management* 13(1): 11 – 14.
3. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Journal of Plant Physiology* 24: 1-15.
4. Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1980. Official Method of Analyst (13th Ed.). Washington D.C.
5. Azarnivand, H., H. Joneidi and S. Nikou 2006. The study of forage quality of *Smirnovia iranica* in different phonological stages in sandy areas-case-study: Band-e- Rig-Kashan. *Desert Journal* 11(2): 1-10.
6. Azizi, A., H. Hokmabadi, S. Piri and V. Rabie. 2013. Effect of kaolin application on water stress in pistachio cv. Ohadi. *Journal of Nuts* 4(4): 9 -14.
7. Bimal, C. S. and J. L. Karmoker. 2011. Effects of phosphorus deficiency on accumulation of biochemical compounds in lentil. *Bangladesh Journal of Botany* 40(1): 23-27.
8. Byres, D. P., T. J. Dean and J. D. Johson. 1992. Long term effects of ozone and stimulated acid rain on the foliage dynamics of slash pine. (*Pinus elliotivar. Ellioti. Englem*). *New Phytologist*120: 61-67.
9. Chaturvedi, R.K., Raghbanshi, A.S., and Singh, J.S., 2011. Leaf attributes and tree growth in a tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*. 22(5): 917-931.
10. Chaturvedi, R. K., P. Shikha, R. Savita, S. M. Obaidollah, P. Vijay and S. Hema. 2013. Effect of drought load on the leaf attributes of the tree species growing along the roadside. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment* 185: 384-391.
11. Chauhan, A., Sanjeev. 2008. Impact of dust pollution on photosynthetic pigments of some selected trees grown at nearby of stone-crushers. *Environment Conservation Journal* 9(3): 11–13.
12. Crane, J. C. and B. T. Iwakiri. 1981. Morphology and reproduction of pistachio. *Horticultural Review Journal* 3: 376–393.
13. Das, S. and P. Prasad. 2010. Seasonal variation in air pollution tolerance indices and selection of plant species for industrial areas of Rourkela. *International Journal of Environmental Pollution* 30(12): 978-988.
14. Data, S. C. and S. Sinhoroy. 1987. Leaf surface effects of environmental pollution of *Putranjiva roxburghii*. *Current Science* 56(23): 1243-1245.
15. Dwivedi, A. K. and B. D. Tripathi. 2007. Pollution tolerance and distribution pattern of plants in surrounding area of coal-fired industries. *Journal of Environmental Biology 28:* 257-263.
16. George D., G. D. Nanos and F. Ilias. 2007. Effects of inert dust on olive (*Olea europaea* L.) leaf physiological parameters. *Environmental Science and Pollution Research* 14(3): 212 – 214.
17. Grantz, D. A., J. H. B. Garner and D. W. Johnson. 2003. Ecological effects of particulate matters. *Environment International Journal* 29: 213-239.
18. Heydarnezhad, S. and A. Ranjbar-Fordoie. 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.
19. Hikosaka, K. and Y. Osone. 2009. A paradox of leaf-trait convergence: why is leaf nitrogen concentration higher in species with higher photosynthetic capacity? *Journal of Plant Research* 122(4): 245-251.
20. Irigoyen, J. J., D. W. Emerich and Sanchez Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Journal of Plant Physiology* 84: 55-60.
21. Joshi, P. C. and A. Chauhan. 2008. Performance of locally grown rice plants exposed to air pollutants in rapidly growing industrial area of district Haridwaing, Uttarkhand. *Life Science Journal* 5(3): 41-45.

22. Kalyani, Y. and M. A. Singaracharya. 1995. Biomonitoring of air pollution in Warnagal city, Andhra Pradesh. *Acta Botanica Indica* 23(1): 21-24.
23. Krishnaveni, M., R. Kalimuthu, K. Ponraj, K. Lavanya, P. Magesh, G. Jasbin Shyni. 2014. Air pollution tolerance assessment of yercaud road side plants. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 26(2): 177-181.
24. Kumar, A. and J. Elaston. 1992. Genotypic differences in water relations between *Brassica juncea* and *B. napus*. *Annuals of Botany* 70: 3-9.
25. Mandres, M. and L. Tuulmets. 1997. Pigment changes in Norway spruce induced by dust pollution. *Journal of Water, Air and Soil Pollution* 9: 247–258.
26. Penady, J. and U. Penady. 1994. Evaluation of air pollution phytotoxicity in a seasonally dry tropical urban environment, *Environmental Monitoring and Assessment* 33(3): 195-213.
27. Petkošek, S. A. F., F. Batic and C. R. Lansik. 2008. Norway spruce needels as bioindicator of air pollution in the area of influence of the Šostanj Thermal Power Plant, Slovenia. *Journal of Environmental Pollution* 151: 287-291.
28. Prabhat, K. R. and L.S. P. Lalita. 2014. Leaf dust deposition and its impact on Biochemical aspect of some roadside plants of Aizawl, Mizoram, North East India. *International Research Journal of Environment* 3(11): 14-19.
29. Rai, A., K. Kulshreshtha, P. K. Srivastava and C. S. Mohanty. 2010. Leaf surface structure alterations due to particulate pollution in some common plants. *Environmentalist Journal* 30(1): 18-23.
30. Sadasivam S. and T. Balasubramanian. 1986. Practical Manual in Biochemistry. Tamil Nadu Agricultural University. Coimbatore, India.
31. Sami, U. Q. and A. S. Weqar. 2014. Effects of fly ash on some biochemical parameters of selected plants growing at dumping site of Badarpur thermal power plant in Delhi. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences* 2(7): 7-14.
32. Senthil, P. K., K. Sobana, K. Kavitha and M. Jegadeesan. 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. Singh, S. K. and D. N. Rao. 1983. Evaluation of plants for their tolerance to air pollution. *In:* Proceeding of the Symposium on Air Pollution Control. India. PP. 218-224.
34. Tripathi, A. K. and G. Mukesh. 2007. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. *Journal of Environmental Biology* 28(1): 127-132.
35. Tripathi, A., P. B. Tiwari and S. Dharmveer. 2009. Assessment of air pollution tolerance index of some trees in Moradbad city. *Journal of Environmental Biology* 30: 545-550.
36. Tzvertkova, N. and D. Kogarov. 1996. Effect of air pollution on carbohydrate and nutrient concentrations in some deciduous tree species. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 22(1–2): 53-63.
37. Upekala, C., S. Wijayratne, J. Scoles-Sciulla and A. D. Lesley. 2009. Dust deposition effects on growth and physiology of the endangered *Astragalus Jaegerianus (Fabaceae)*. *Madrono Journal* 56(2): 81–88.
38. Van Jaarsveld, F. 2008. Characterizing and mapping of wind transported sediment associated with opencast gypsum mining. MSc. Thesis, University of Stellenbosh. South Africa.
39. Victor, R. S. 2016. Dust particles and aerosols: impact on biota “a review” (Part I). *Journal of Rangeland Science* 6(1): 82-91.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 8, No. 3, Fall 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Impact of Aeolian Dust on Leaf Biochemical and Biophysical Attributes of Pistachio (*Pistacia vera* L.): A Case Study for the Kashan (Central Iran) Pistachio Orchards

A. Ranjbar-Fordoei [1*]

(Received: April 4-2017; Accepted: January 3-2018)

Abstract

Dust is considered as one of the most widespread air pollutants. The objective of the study was to analyze the effect of dust load on the leaf attributes of the nut pistachio tree (*Pistacia vera* L.) planted in Badrood region (Kashan, central Iran) with a relatively high aeolian dust pollution. Some leaf characteristics including specific leaf area (SLA), relative water content (RWC), leaf nitrogen content (LNC), leaf phosphorus content (LPC), total chlorophyll content (TCC), total soluble sugars (TSS), ascorbic acid (AC) and air pollution tolerance (IPTI) indices were evaluated. Increasing of dust load led to aggravation of state of stress in most of the parameters studied. However, IPTI and AC indices were increased with increasing the dust load. Even though all studied traits were affected by the dust load but RWC, LNC, TCC were amongst those that were less affected and SLA, AC, IPTI, TSS and LPC were more influenced by different quantities of dust load. It may be concluded that the long-term exposer of the plant photosynthetic surfaces to dust particles leads to significant changes in biochemical and biophysical attributes, which can lead to a decrease in pistachio productivity.

Keywords: Dust, Total Chlorophyll, Ascorbic acid, Total soluble sugars, Specific leaf area, Nitrogen content

1. Associate Professor, Department of Desert Science, University of Kashan, Kashan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: aranjbar@kashanu.ac.ir