اثر گرد و غبار شبیه‌سازی‌شده بر روی فلورسنس کلروفیل *a*، محتوای کلروفیل، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی در آویشن (*Thymus vulgaris* L.)

مهران علوی* و ناصر کریمی*

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی کرمانشاه

(تاریخ دریافت: ۹۲/۰۹/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۳/۱۷)

چکیده:

یکی از معضلات عدیده در سال‌های اخیر، وقوع فراوان طوفان‌های گرد و غبار در مناطق غرب ایران، به دلیل افزایش دمای هوا و خشکی در کشور همسایه عراق است. در تحقیق حاضر تاثیر طوفان گرد و غبار شبیه‌سازی‌شده در آزمایشگاه بر روی فلورسنس کلروفیل *a*، محتوای کلروفیل، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی در گیاه دارویی آویشن *Thymus vulgaris* L. مورد بررسی قرار گرفت. گیاه آویشن گیاه دارویی بسیار معطری است که ارزش اقتصادی فراوانی دارد. این گیاه برای مدت زمان دو ماه و به صورت تناوب هر چهار روز (با مقادیر ۰/۵، ۱و ۱/۵ گرم گرد و غبار) در اتاق گرد و غبار در معرض تنش قرار گرفت. نتایج نشان داد که رابطه‌ی معکوسی بین مقدار گرد و غبار و محتوای کلروفیل و فلورسنس کلروفیل *a* در گیاه وجود دارد. با افزایش تنش، محتوای کلروفیل *a* و *b* کم شد. راندمان فتوسنتز (ΔF/Fm´) در تیمارهای اول (۲٪) و دوم (۲۱٪) کاهش معنی‌داری نداشت، درحالیکه در تیمار سوم (۲۸٪) کاهش معنی‌داری را نشان داد. سرعت انتقال الکترون (ETR) دارای کاهش معنی‌دار در تیمارهای دوم (۲٤٪) و سوم (۳۹٪) بود. همچنین، در مقدار فلاونوئید کل و آنتوسیانین‌ها، روندی افزایشی در تیمارها نسبت به کنترل وجود داشت. بنابر نتایج به دست آمده در این تحقیق، گرد و غبار در غلظت های زیاد می‌تواند بروی کارکرد فتوسنتزی گیاه آویشن تاثیر کاهشی داشته باشد.

کلمات کلیدی: طوفان گرد و غبار، فلاونوئید، ETR، Fv/Fm، ΔF/Fm´، *Thymus vulgaris*.

مقدمه:

یکی از معضلات عدیده محیط زیستی در سال‌های اخیر، وقوع فراوان طوفان‌های گرد و غبار در مناطق غرب ایران مانند کرمانشاه و کردستان، به دلیل افزایش دمای هوا و خشکی در کشور همسایه عراق است (Misconi and Navi, 2010; Gerivan *et al.*, 2011). گرد و غبار دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاصی است که می‌تواند هم از طریق مستقیم بر قسمت هوایی گیاه و هم غیر مستقیم از طریق محیط خاک بر گیاه تاثیر بگذارد. هنگامیکه گرد و غبار بروی سطوح برگ تجمع یابد، به طور فیزیکی، راندمان فتوسنتز را کاهش می دهد (Naidoo and Chirkoot, 2004). در موارد شدید تنش، روزنه-های هوایی برگ گیاه بوسیله ذرات گرد و غبار مسدود می-شوند (Paling *et al.*, 2001). همچنین، تجمع ذرات گرد و غبار بروی قسمت هوایی گیاه سبب افزایش دمای برگ و گاهی اثر سایه افکنی می‌گردد (Paling *et al.*, 2001; Borka, 1984). افزایش دمای برگ بوسیله گرد و غبار سبب افزایش میزان تنفس و کاهش فتوسنتز می‌شود. ته‌نشینی گرد و غبار همچنین می‌تواند باعث کاهش راندمان کلی در گیاه گردد

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: nkarimi@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.4.6]

(Sharifi *et al.*, 1997). تاکنون، تاثیر گرد و غبار تنها بروی چند شاخص فیزیولوژیکی محدود، آنهم تنها در تعداد کمی از گونه‌های گیاهی بررسی شده است (Joshi and Chauhan, 2008). هدف از این مطالعه فراهم سازی اطلاعات مقتضی از تاثیر گرد و غبار ناشی از طوفان گرد و غبار شبیه سازی شده (در آزمایشگاه) برروی برخی پارامترهای فیزیولوژیکی (فلورسنس کلروفیل *a*، محتوای کلروفیل، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی) در گیاه *T. vulgaris* به عنوان یکی از گیاهان دارویی با ارزش از نظر اقتصادی، می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

شرایط رشد گیاه: این تحقیق، در آزمایشگاه اکولوژی و فیزیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران انجام شد. در این مطالعه، ۱۲ گلدان با ابعاد (ارتفاع ۲۵cm× عرض۳۰× طول۸۰) برای کشت گیاه استفاده شد. ترکیب خاک، ماسه و کمپوست به نسبت ۵۰:۵۰ با یک لایه زیرین قلوه سنگ بود. نود عدد بذر گیاه آویشن در سه تکرار در داخل گلدان‌ها کشت شد. برای جوانه‌زنی، پوشش لاستیکی سیاه برای مدت زمان ٤۸ ساعت بروی گلدان‌ها قرار داده شد. بعد از جوانه‌زنی، گیاه در محیط گلخانه با میانگین دمای محیط ۲۷ °C قرار گرفت. منبع نوری توسط ۱۲ لامپ فلورسنت (سه لامپ برای هر سه گلدان) با میزان تراکم جریان کوانتومی (QED) در حد ۱۲۰$\mu m.m^{-2}.s^{-1}$ فراهم گردید. آبیاری گیاهان نیز، به صورت هر دو روز یک‌بار و به مقدار اشباع بود.

دستگاه تولیدکننده گرد و غبار: به منظور تهیه گرد و غبار در این مطالعه، از خاک بستر رودخانه قرسو در منطقه کرمانشاه استفاده شد. این خاک آسیاب شده و با استفاده از الک (با اندازه ۲۰۰ منفذ/اینچ) ذرات با اندازه مناسب فراهم گردید. همچنین، از اتاق گرد و غبار و دستگاه تولیدکننده گرد و غبار از جنس PVC برای شبیه سازی و کالیبراسیون طوفان گرد و غبار استفاده شد (Hirano *et al.*, 1995). در درون این دستگاه، گیاه *T. vulgaris* قرار داده شد. ابعاد اتاق گرد و غبار به صورت ۱m× عرض ۱m× ارتفاع ۲m بود (شکل. ۱). بر اساس اطلاعات بدست آمده از سازمان مرکزی محیط زیست ایران در ارتباط با غلظت گرد و غبار در استان های غربی و جنوبی ایران (کرمانشاه و خوزستان)، که سابقه تاثیر گرد و غبار را در حد بحرانی داشته اند (Atai, 2010)، در این آزمایش، ۰.۵، ۱ و ۱.۵ گرم بر متر مکعب گرد و غبار برای مدت زمان دوماه با تناوب هر چهار روزه گرد و غبار اعمال گردید. در ضمن یک سری از نمونه ها در سه تکرار در شرایط مشابه دیگر نمونه ها و بدون قرارگیری در معرض گرد و غبار به عنوان شاهد انتخاب شدند.

محتوای کلروفیل گیاه: محتوای کلروفیل *a*، *b* و کل گیاه آویشن با استفاده از فرمول آرنون (۱۹٤۹) بدست آمد. در انتهای آزمایش (روز شستم)، مقدار ۰.۲ گرم وزن‌تر از برگ های گیاه آویشن از هر تیمار با سه تکرار توزین و با ۵ میلی لیتر از استون ۸۰٪ به خوبی ساییده شده و با کاغذ صافی و قیف صاف گردید. سپس حجم نهایی عصاره را به ۲۰ میلی لیتر رسید و در طول موج ٦٤٥ و ٦٦۳ نانومتر با استفاده از شاهد (استون ۸۰٪)، جذب (OD) محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Bausch and Lomb 70) خوانده شد. مقدار کلروفیل بر حسب میلی گرم بر گرم بافت‌تر از طریق فرمول زیر اندازه‌گیری شد.

Chl *a* (mg g^{-1}) = [(12.7 × A663) - (2.6 × A645)] × ml استون mg^{-1} بافت برگ

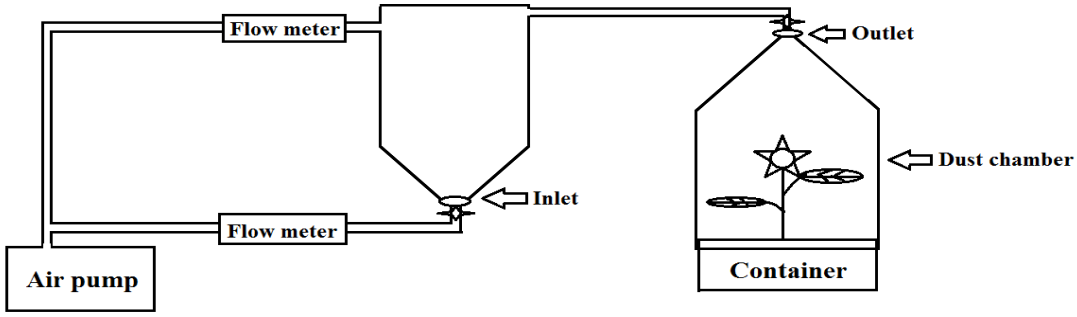
Chl *b* (mg g^{-1}) = [(22.9 × A645) - (4.68 × A663)] × ml استون mg^{-1} بافت برگ

Chl T= Chl *a* + Chl *b*

سنجش فلورسنس کلروفیل *a*: پارامترهای مربوط به کلروفیل *a* فلورسنس (راندمان فتوسنتز، سرعت انتقال الکترون و راندمان بالقوه فتوسنتز) بوسیله فلورومتر miniPAM مدل S/N:PYAA0421 مورد سنجش قرار گرفت (Genty *et al.*, 1989). برای این منظور، راندمان کوانتوم فتوسیستم II (ΔF/Fm´) به صورت (Fm´-F)/Fm´ محاسبه گردید. ETR نیز با توجه به فرمول (0.5×0.84×PFD×ΔF/Fm´) و با فرض ۸٤٪ جذب نور در سطح برگ و فوتون‌های توزیع شده بین دو فتوسیستم اندازه‌گیری گردید. همچنین Fv/Fm نیز بعد از قرار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.4.6]



شکل.۱- تصویر شماتیک از اتاق و دستگاه تولیدکننده گرد و غبار

دهی گلدان‌ها برای مدت زمان ۳۰ دقیقه در تاریکی بوسیله دستگاه miniPAM بررسی شد (Schreiber *et al.*, 1995).

سنجش مقدار فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها: برای اندازه گیری مقدار فلاوونوئیدها و آنتوسیانین‌ها، یک گرم از بافت‌تر برگ گیاه، در ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (ترکیب الکل متیلیک ۹۹/۵ درصد و هیدرولیک اسید خالص به نسبت ۹۹ به ۱) همگن و سانتریفوژ شد. جذب عصاره رویی در ۳۰۰ و ۵۳۰ نانومتر به ترتیب برای فلاوونوئیدها و آنتوسیانین‌ها با دستگاه اسپکتوفتومتر تعیین شد. منحنی استاندارد با محلول‌های کوئرستین (Quercetin, Sigma Chemical Co.) متانولی در غلظت‌های $\mu g.\ ml^{-1}$ ۱۰۰۰- ۲۵۰ تهیه شد و منحنی با نرم افزار Excel رسم گردید (Chang *et al.*, 2002). نتایج به صورت جذب در گرم وزن‌تر مورد مقایسه قرار گرفت (Nogues and Baker, 2000).

اندازه‌گیری محتوای کل ترکیبات فنلی: ۰.۲ گرم از برگ های تر توزین و به طور جداگانه جهت سنجش مقدار کل ترکیبات فنلی مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه‌ها در ۱۰ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد قرار داده شدند و به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفتند. پس از سانتریفوژ کردن نمونه‌ها در دور g۳۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه، روشناور جدا شد و با الکل ۸۰ درصد به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسید. سپس ۵ میلی‌لیتر از این محلول با ۵ میلی‌لیتر فولن رقیق شده (۱:۳) و ۱۰ میلی‌لیتر کربنات سدیم اشباع مخلوط شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفوژ با دور g ٤۰۰ سانتریفوژ شدند. محلول رویی از نمونه‌های سانتریفوژشده جدا و جذب در طول موج ٦٤۰ نانومتر در مقابل شاهد دستگاه خوانده شد. برای محاسبه مقدار ترکیبات فنلی از منحنی استاندارد رسم شده با غلظت‌های مختلف کاتکول استفاده شد و بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن-تر نمونه محاسبه گردید (Ronald and Laima, 1999).

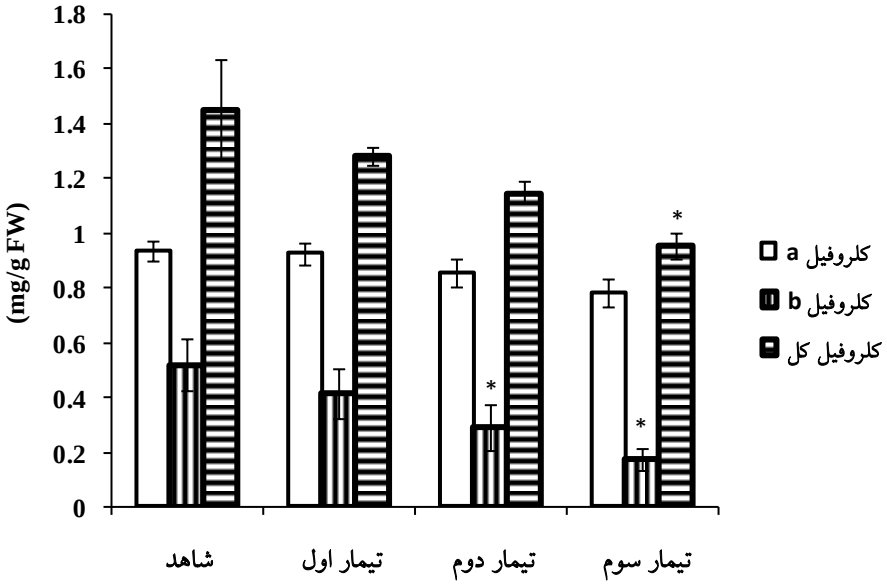
تجزیه تحلیل آماری: در این مطالعه، آزمایش‌ها بر اساس طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی و سنجش‌ها در سه تکرار انجام شد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها به وسیله نرم افزار آماری SPSS 16.0 مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح خطای ۵ درصد ($p<0.05$) با آزمون چندگانه‌ای Tukey و رسم نمودارها در نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث:

با توجه به شکل ۲، با افزایش غلظت گرد و غبار، محتوای کلروفیل *a* برگ، یک روند کاهشی داشت. در مورد کلروفیل *b* این روند کاهشی در تیمارهای دوم و سوم معنی‌دار بود(شکل ۲). کلروفیل کل نیز با وجود روند کاهشی، تنها در تیمار سوم تفاوت معنی‌دار را نشان داد (شکل ۲).

نتایج مربوط به محتوای کروفیل نشان می‌دهد که ذرات گرد و غبار می‌توانند باعث کاهش محتوای کلروفیل گیاه شوند (Prokopiev *et al.*, 2012). کاهش در محتوای کلروفیل ممکن است به دلیل قلیایی بودن ذرات گرد و غبار و تاثیر تخریبی این ذرات بروی برگ (نکروزه شده برگ) و در نتیجه کاهش کلروفیل باشد (Darley, 1966; Oblisami *et al.*, 1978; Taylor *et al.*, 1986; Prusty *et al.*, 2005). عامل دیگر کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.4.6]



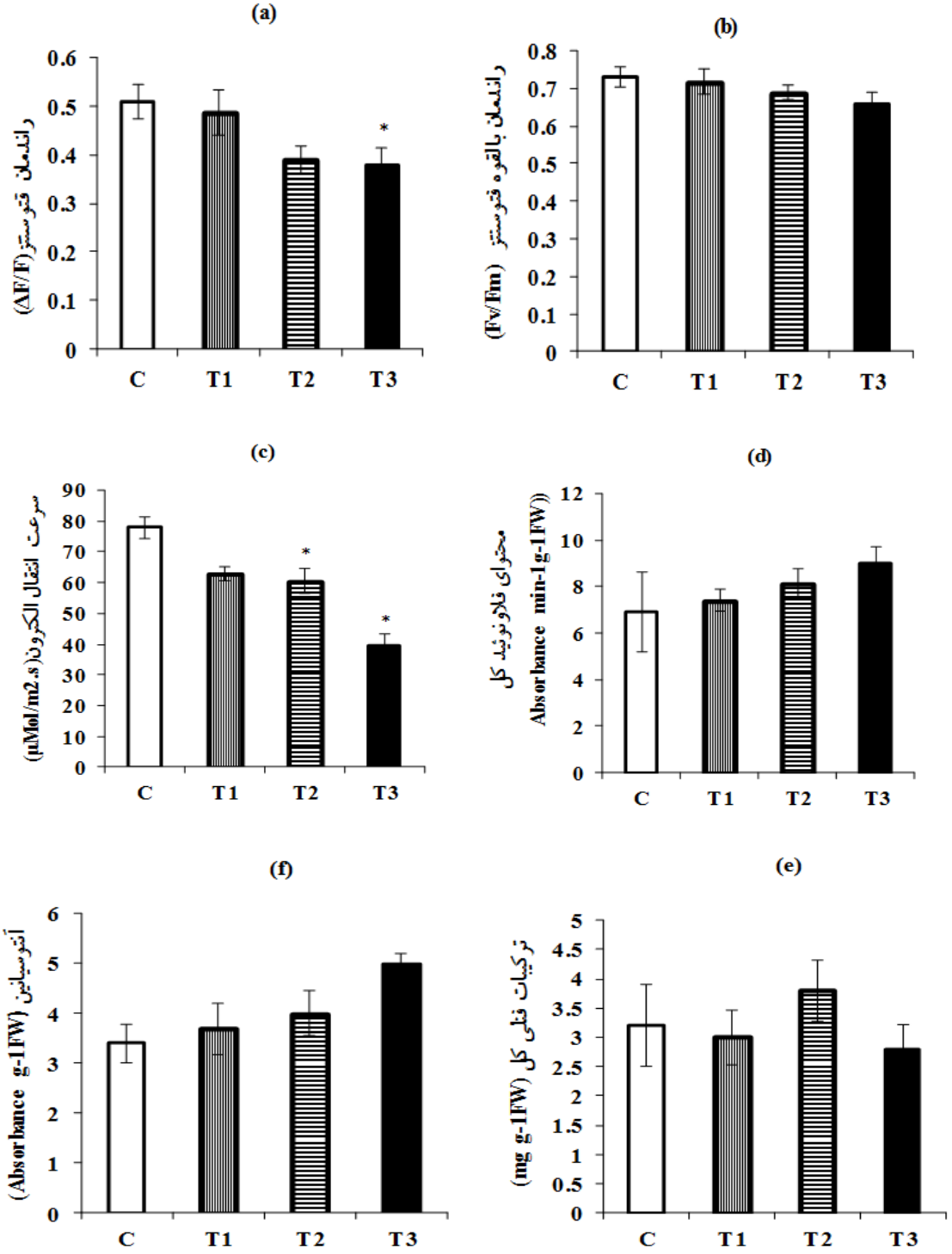
شکل ۲. تاثیر طوفان گرد و غبار شبیه‌سازی شده برروی مقدار کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل در گیاه *T. vulgaris*. تفاوت معنی‌دار به صورت (*) در سطح ۰.۰۵ نشان داده شده است ($p<0.05$).

در سنتز کلروفیل، ته نشینی گرد و غبار بروی سطح برگ و ایجاد سایه‌افکنی می‌باشد (Lepedus *et al.*, 2003).

در شکل ۳ تاثیر تنش گرد و غبار بروی راندمان، راندمان بالقوه فتوسنتز، ETR ، مقدار فلاونوئیدها، ترکیبات فنلی کل و مقدار آنتوسیانین‌ها آمده است. هر سه پارامتر مربوط به فلورسنس کلروفیل*a*، روندی کاهشی را نسبت به تنش گرد و غبار نشان دادند. مقدار کاهش در راندمان فتوسنتز در نمونه کنترل نسبت تیمارهای اول و دوم تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، درحالیکه نسبت به تیمار سوم این کاهش معنی‌دار بود ($p<0.05$). همانطور که در شکل ۳b نشان داده شده است، راندمان بالقوه فتوسنتز نیز روندی کاهش را در تیمارها نسبت به کنترل نشان داد، اما این تفاوت در حد معنی دار نبود. سرعت انتقال الکترون (ETR) نیز در تیمارهای دوم و سوم، نسبت به کنترل تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰.۰۵ نشان داد (شکل۳c).

نتایج مربوط به پارامترهای فلورسنس کلروفیل *a* نشان می دهد که ته نشینی گرد و غبار بروی برگ گیاه، به طور معنی داری بروی توانایی فتوسنتز گیاه تاثیر می‌گذارد. با توجه به مطالعه‌های پیشین، این کاهش در مورد گیاه *Avicennia marina* در حدود ۳۹٪-۱۳ بود (Naidoo and Chirkoot, 2004). همچنین، کاهش کارکرد فتوسنتز گیاه در این آزمایش می‌تواند در ارتباط با سایه افکنی ذرات گرد و غبار بروی سطح برگ و افزایش دمای برگ و در نتیجه افزایش میزان تنفس باشد (Oblisami *et al.*, 1978; Taylor *et al.*, 1986; Padgett *et al.*, 2007). تحت شرایط تنش، تغییر در محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل *a*، عکس تغییرات مشاهده شده در مورد مقدار فلاونوئید و انتوسیانین ها بود. به طوریکه، در مورد محتوای فلاونوئید کل و آنتوسیانین‌ها، تاحدودی روند افزایشی وجود داشت، درحالیکه درارتباط باترکیبات فنلی قسمت هوایی گیاه، این تغییرات به صورت یک روند نامنظم بود. بنابراین، ته نشینی ذرات گرد و غبار برروی سطح برگ، برای مدت زمان طولانی می‌تواند باعث کاهش کارکردهای فیزیولوژی گیاه شود. این تاثیر در مورد محتوای فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها نیز صادق است. یکی از تاثیرات گرد و غبار بروی محیط کشت گیاه، ایجاد حالت خشکی در زمین می‌باشد. تنش خشکی مقدار تولید فلاونوئیدها را در گیاه *Cistus clusii* (Hernandez *et al.*, 2004) و *Solanum toberosum* (Watkinson *et al.*, 2006)، افزایش داد. در شکل ۳e چنین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.4.6]



شکل ۳- تاثیر گرد و غبار برروی راندمان (a)، راندمان بالقوه فتوسنتز (b)، سرعت انتقال الکترون (c)، مقدار فلاونوئیدها (d) ، ترکیبات فنلی کل(e) و آنتوسیانین‌ها (f). ستون‌های C، T1 ، T2 و T3 به ترتیب نماینده میانگین نمونه‌های شاهد، تیمار اول ۰/۵، تیمار دوم ۱ و تیمار سوم ۱/۵ گرم بر متر مکعب گرد و غبار می‌باشد. تفاوت معنی‌دار به صورت (*) در سطح ۰/۰۵ نشان داده شده است ($p<0.05$).

روندی نیز در گیاه دارویی آویشن مشاهده گردید با این تفاوت که مقدار ترکیبات فنلی، چنین تغییرات منظمی را نشان نداند. یکی از دلایل این امر، ممکن است به دلیل مقدار کم تاثیر تنش گرد و غبار بر وی ترکیبات فنلی باشد. افزایش و انباشتگی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.4.6]

آنتوسیانین‌ها طی دهیدراسیون در برگ گیاه *Craterostigma*، توسط Hoekstra و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش شده است.

نتیجه گیری:

ذرات گرد و غبار به صورت مستقیم و غیر مستقیم می‌تواند بروی گیاهان تاثیر بگذارد. دو ویژگی شیمیایی (قلیایی یا اسیدی بودن) و فیزیکی (اندازه ذرات) در مقدار این تاثیرات بسیار مهم می‌باشد. تاثیرات مستقیم از طریق مسدود کردن روزنه‌های هوایی و تخریب سطح برگ می‌باشد. با مسدود شدن روزنه های‌هوایی، معاوضه Co2 گیاه کاهش یافته و در نتیجه باعث کاهش راندمان فتوسنتز می‌شود. با کاهش راندمان فتوسنتزی، تولید بیوماس و ترکیبات گیاهی نیز کاهش می یابد (George and llias, 2007). محتوای کلروفیل، ترکبات فنلی و مقدار فلاونوئیدها از جمله این ترکیبات هستند که با تاثیر طولانی مدت می‌توانند کاهش یابند. ته‌نشینی گرد و غبار بر روی سطح برگ در مورد گرد و غبارهای قلیایی و اسیدی نیز باعث نکروزه شدن و افزایش دمای برگ می‌گردد (Schutzki and Cregg, 2007; Sarala and Saravana, 2012). علاوه بر تاثیرات فیزیولوژیکی گرد و غبار بروی گیاهان، ذرات گرد و غبار ممکن است باعث تنش ثانویه مانند خشکی زمین، بیماری گیاه و در مواردی نفوذ گازهای سمی در گیاه شود. این تحقیق نشان داد که ذرات گرد و غبار دارای تاثیر کاهشی بروی عملکرد فتوسنتز در گیاه *T. vulgaris* می باشند.. کاهش در محتوای کلروفیل و کارکرد کلروفیل *a* فلورسنس می‌تواند ناشی از اثر سایه افکنی باشد، که این خود ناشی از کاهش در میزان تابش نوری و افزایش دمای برگ می‌باشد (Lichtenthaler *et al.*, 2000; Lepedus *et al.*, 2003; Santosh and Tripathi, 2008). از آنجایکه، کاهش در قتوسنتز باعث کاهش انرژی و بیوماس گیاه می‌شود، بنابرین این کاهش برای گیاهان یک ساله مانند گیاه آویشن (یک گونه دارویی و دارای ارزش اقتصادی فراوان) که دارای فصل رشد کوتاه هستند بسیار مهم است. از این رو، اگر طوفان‌های گرد و غبار در این فصول برای مدت زمان بیشتری ادامه یابند، این امر می‌تواند بروی باردهی کلی این گیاهان تاثیر بسزایی بگذارد.

منابع:

Arnon, D.T. (1949) Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

Atai, H. (2010) Dust one of the environmental problems in Islamic world case study: Khozestan province. International Congress of the Islamic World Geographers (ICIWG).

Borka, G. (1984) Effect of metalliferous dust from dressing works on the growth, development, main metabolic processes and yield of winter wheat in situ and under controlled conditions. Environmental Pollution 35: 67-73.

Chang, C., Yang, M. Wen, H. and Chern, J. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analaysis 10: 178-182.

Darley, E. F. (1966) Studies on the effect of cement-kiln dust on vegetation. Journal of the Air Pollution Control Association 16: 145-50.

George, D. N. and Ilias, F. I. (2007) Effects of inert dust on olive (*Olea europaea* L.) leaf physiological parameters. Environmental Science and Pollution Research 14: 212-214.

Genty, B., Briantais, J. M. and Baker, N. R. (1989) The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochemica et Biophysica Acta 990: 87-92.

Gerivan H., Glashkaripour, G. R., Ghafoori, M. and Jalali, N. (2011) The source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data. Carpathian Journal of Earth and Environment Sciences 6: 297-308.

Hernandez, I., Alegre, L. and Munne-Bosch, S. (2004) Drought–induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. Tree Physiology 24: 1303-1311.

Hirano, T., Kiyota, M., Aiga, I. (1995) Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. Environmental Pollution 89: 255-261.

Hoekstra, F. A., Golovina, E. A. and Buitink, J. (2001) Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science 6: 431-438.

Lichtenthaler, H. K., Babani, F., Langsdorf, G. and Bushcmann, C. (2000) Measurement of differences in red chlorophyll fluorescence and photosynthetic activity between sun and shade leaves by fluorescence imaging. Photosynthetica 38: 521–529.

Joshi, P. C., Chauhan, A. (2008) Performance of locally grown rice plants (*Oryza sativa* L.) exposed to air pollutants in a rapidly growing industrial area of

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.4.6]

Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. Ecotoxicology and Environmental Safety journal 60: 228-235.

Santosh, K. P. and Tripathi, B. D. (2008) Seasonal variation of leaf dust accumulation and pigment content in plant species exposed to urban particulates pollution. Journal of Environmental Quality 37: 865-870.

Sarala, T. D. and Saravana, K. R. (2012) Correlation analysis and exceedence factor among the ambient gaseous pollutants and particulate matter in urban area Journal of Research in Biology 3: 232-240.

Schreiber, U., Bilger, W. and Neubauer, C. (1995) Chlorophyll fluorescence as a non-intrusive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis. In: Ecophysiology (Eds. Schulze, E. D., Caldwell, W. W.), Pp. 49-70. Springer, Berlin/Heidelberg.

Schutzki, R. E. and Cregg, B. (2007) Abiotic plant disorders symptoms, signs and solutions. A Diagnostic Guide to Problem Solving. Extension Bulletin. E-2996.

Sharifi, M. R., Gibson, A. C. and Rundel, P. W. (1997) Surface dust impacts on gas exchange in Mojave Desert shrubs. Journal of Applied Ecology 34: 837-846.

Taylor, H. J., Ashmore, M. R. and Bell, J. N. B. (1986) Air Pollution Injury to Vegetation. Imperial College Centre for Environmental Technology, London.

Watkinson, J. I., Hendricks, L., Sioson, A. A., Vasquez-Robinet, C., Verlyn, S., Heath, L. S., Schuler, M., Bohnert, H. J., Bonierbale, M. and Grene, R. (2006) Accessions of *Solanum toberosum* spp. andigena show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. Plant Science 170: 1-14.

district Haridwar, Uttarakhand, India. Life Science Journal 5(3):57–61.

Lepeduš, H., Cesar, V. and Suver, M. (2003) The annual changes of chloroplast pigments content in current- and previous-year needles of Norway spruce (*Picea abies* L.Karast.) exposed to cement dust pollution. Acta Botanica Croatica 62: 27-35.

Ronald, S. F. and Laima, S. K. (1999) Phenolics and cold tolerance of *Brassica napus*. Plant Agriculture 1: 1-5.

Misconi, H. and Navi, M. (2010) Medical Geology in the Middle East. Springer Netherlands pp. 135-174.

Naidoo, G. and Chirkoot, D. (2004) The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina* in Richards Bay, South Africa. Environmental Pollution 127: 359-366.

Nogues, S. and Baker, N. R. (2000) Effects drought on photosynthesis in Mediterranean plants growth under enhanced UV-B radiation. Journal of Experimental Botany 51: 1309-1317.

Oblisami, G., Pathmanabhan, G. and Padmanabhan, C. (1978) Effect of particulate pollutants from cement-kilns on cotton plants. Indian journal of Air pollution Control 1: 91-4.

Padgett, P. E., Dobrowolski, W. M., Arbaugh, M. J. and Eliason, S.A. (2007) Patterns of carbonate dust deposition: implications for four federally endangered plant species. Madrono 54: 275–285.

Paling, E. I., Humphries, G., McCardle, I. and Thomson, G. (2001) The effects of iron ore dust on mangroves in Western Australia: lack of evidence for stomatal damage. Wetlands Ecology and Management 9: 363-370.

Prokopiev, I. A., Filippova, F. V. and Shein, A. A. (2012) Effect of anthropogenic pollution with dust containing heavy metals on seed progeny of spear saltbush. Russian Journal of Plant Physiology 59: 238-243.

Prusty, B. A. K., Mishra, P. C. and Azeez, P. A. (2005)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.4.6]