مقاله پژوهشی

تأثیر نانو ذرات سیلیکا روی برخی ویژگی‌های آناتومیکی و فیزیولوژیکی گیاه تره‌تیزک (*Lepidium sativum* L.) تحت پرتو فرابنفش

شبنم یگانه‌فر و سیاوش حسینی سرقین*

دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲)

چکیده

پرتو فرابنفش می‌تواند بسیاری از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آناتومیکی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد و از رشد و عملکرد مطلوب در گیاه جلوگیری به‌عمل آورد. تأثیر مفید نانو ذرات سیلیکا در گیاهان بیشتر به افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی مربوط می‌شود. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر نانو ذرات سیلیکا بر کاهش اثرات مخرب پرتو فرابنفش (UV-B) در گیاه تره‌تیزک (*Lepidium sativum* L.) انجام شد. این بررسی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار UV-B، نانو ذرات سیلیکا با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و توأم (نانو ذرات سیلیکا+UV-B) در سه تکرار در شرایط کاملاً یکنواخت در آزمایشگاه و اتاق کشت دانشکده علوم دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹۷ انجام شد. نتایج نشان داد طول اندام هوایی، تعداد برگ و سطح برگ در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا به طور معنی‌دار افزایش و در تیمارهای توأم و UV-B کاهش یافته است. از طرفی ضخامت برگ و رگبرگ اصلی به‌طور معنی‌داری در نانو ذرات سیلیکا کاهش و در توأم و UV-B افزایش نشان داد، درحالی‌که ضخامت دستجات آوندی تنها در گروه UV-B افزایش معنی‌دار نشان داد. افزایش معنی‌دار میزان مالون دی‌آلدئید و کاهش معنی‌دار میزان قند محلول در هر سه تیمار مشاهده شد. همچنین میزان فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و فنیل آلانین آمونیالیاز هم در هر سه تیمار افزایش نشان داد. به‌طورکلی مشاهده شد نانو ذرات سیلیکا اثرات مخرب پرتو UV-B را کاهش داده است.

واژه‌های کلیدی: پرتو فرابنفش، نانوذرات سیلیکا، مالون دی‌آلدئید، قند محلول، آسکوربات پراکسیداز، فنیل آلانین آمونیالیاز

مقدمه

پرتوهای فرابنفش از سه طیف UV-A (۳۲۰ تا ٤۰۰ نانومتر)، UV-B (۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر) و UV-C (۲۲۰ تا ۲۸۰ نانومتر) تشکیل شده است که اکثر پاسخ‌های فیزیولوژیکی، آناتومیکی و بیوشیمیایی در گیاهان به اثر پرتو UV-B نسبت داده شده است (Shweta and Agrawal, 2006). پرتو UV-B می‌تواند تأثیر متفاوتی بر رشد، کنترل و متابولیسم گیاه داشته باشد؛ به‌طوری که تابش روزانه پرتو فرابنفش منجر به کاهش زیست‌توده و کاهش تدریجی سطح برگ می‌شود (Huarancca *et al.*, 2019). همچنین پرتو فرابنفش باعث کاهش رشد گیاهان و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان دارویی می‌شود که در این رابطه تأثیر UV-C بیشتر از UV-A است (Ahandani *et al.*, 2019). بنابراین در گیاهان برای مقابله با تنش‌های زیستی و غیرزیستی سازوکارهای دفاعی شامل سازوکارهای آنزیمی و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: svshhosseini@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]

غیرآنزیمی تکامل یافته است تا گیاهان را در مقابل پرتوها حفاظت کنند (Hollosy, 2002).

نانو ذرات به ذراتی گفته می‌شود که ابعاد آن‌ها در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است (Ostiguy and Roberg, 2010). سیلسیم دومین عنصر معدنی موجود در خاک پس از اکسیژن است که تقریباً ۳۱٪ پوستهٔ زمین را تشکیل می‌دهد، هر چند که سیلسیم جز عناصر ضروری برای رشد گیاهان نیست اما اثرات سودمندی در رشدونمو گیاهان دارد (Dietz and Herth, 2011). نانو ذرات سیلیکا می‌تواند به‌عنوان یک مکمل عالی برای رشد گیاهان در طی چرخهٔ زندگی آن‌ها مورد استفاده قرارگیرد، به‌طوری‌که باعث تقویت دیواره‌های سلولی و درنتیجه افزایش ریشه‌های جانبی و اندام‌های هوایی می‌شود.

همچنین نانو ذرات سیلیکا باعث بهبود متابولیسم، تسهیل جذب کربن دی‌اکسید، تسریع فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، نشاسته و فعالسازی ٦۰ آنزیم دخیل در رشد گیاه می‌شود. نانو ذرات سیلیکا به‌طور زیادی باعث افزایش ارتفاع اندام هوایی، تعداد برگ‌ها و زیست‌توده و همچنین کاهش آفت‌ها و حشرات در گیاهان می‌شود (Kaur *et al*., 2020).

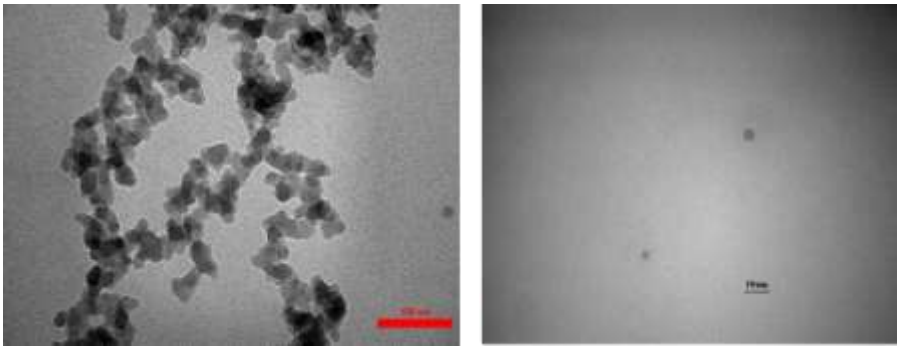
تره‌تیزک یا شاهی با نام علمی *Lepidium sativum* L. متعلّق به تیرهٔ Brassicaceae یا چلیپاییان بوده، گیاهی یک‌ساله به ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و حتّی بیشتر است، گل‌هایش صورتی روشن یا سفید است. تره‌تیزک اشتهاآور، مدّر، تصفیه کنندهٔ خون و بذر آن خلط‌آور است (زرگری، ۱۳٦٦). همچنین حاوی کلسیم، فسفر، آهن، مس، گوگرد، روی، اسید فولیک، فیبر، ویتامین‌های A، B، B_2، C و کالری و نیز میزان زیادی پروتئین و اسیدآمینهٔ گلوتامین و لئوسین و اسیدهای چرب لینولنیک‌اسید، اوروئیک‌اسید، توکوفرول و فیتواسترول است (Sharma and Agarwal, 2011). همچنین حاوی گلوکوزید گلوکوتروپئولین است که به‌عنوان بازکنندهٔ عروق بوده و در درمان سیفلیس، کم خونی، آسم و سنگ کلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rehman *et al*., 2012). با توجه به اثر مخرب پرتو فرابنفش، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر نانو ذرات سیلیکا بر کاهش اثرات مخرب پرتو فرابنفش (UV-B) در گیاه تره‌تیزک (*Lepidium sativum* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

بذرهای تره‌تیزک (*Lepidium sativum* L.) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند، تعداد ۲۰ بذر سالم و هم‌اندازه جهت جوانه‌زنی به پتری‌دیش‌هایی که حاوی دو لایه کاغذ صافی مرطوب بودند انتقال داده شد، پس از ۲٤ ساعت درصد جوانه‌زنی بذرها ۱۰۰٪ بود. بذرهای جوانه‌زده در ٦۰ گلدان پلاستیکی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۲۵ سانتی‌متر که حاوی خاک و ماسه به نسبت (۳ به ۱) بود در عمق یک سانتی‌متری از سطح خاک کاشته شدند. گیاهان در شرایط ۱٤ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی، میانگین دمای ۲۹ درجهٔ سانتی‌گراد، شدت نور ۱۵۰۰۰ لوکس (اندازه‌گیری‌شده با دستگاه لوکس‌متر دیجیتالی Light Meter UT383) و رطوبت نسبی ۳۱٪ (اندازه‌گیری‌شده با دستگاه رطوبت‌سنج CEM DT-323) در اتاقک رشد دانشکدهٔ علوم رشد داده شدند. ۳۸ روز پس از کشت گلدان‌ها وقتی گیاهان به‌طور میانگین به مرحلهٔ ۸ برگی رسیده بودند، به اتاق UV منتقل شدند. جهت اعمال تیمار UV-B از لامپ‌های مخصوص (UV-B, 2(15w), (LF: 215-312 nm) استفاده شد و به‌طور تصادفی به چهار گروه ۱۵ تایی تقسیم شدند؛ گروه اول به‌عنوان شاهد، در گروه دوم نمونه‌ها به‌مدت ٤۵ دقیقه در روز براساس آزمایش مقدماتی تعیین زمان مناسب جهت اعمال اثر پرتو تحت تنش UV-B قرار گرفت، گروه سوم تحت تیمار نانو ذرات سیلیکا با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر براساس آزمایش مقدماتی انجام‌شده جهت تعیین غلظت مناسب نانو سیلیکا- و به مقدار مساوی ۱۰ پاف اسپری بر روی برگ‌ها اسپری شد. تصاویر دو بعدی تهیه‌شده توسط میکروسکوپ الکترونی گذاره (TEM) (میکروسکوپ الکترونی گذاره، Philips, EM 208) از نانو ذرات سیلیکا که دارای شکل کروی بوده و محدودهٔ اندازهٔ آن‌ها زیر ۵۰ نانومتر است در اشکال زیر نشان داده شده است (شکل ۱ و ۲). نانو ذرات سیلیکا از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان مشهد تهیه شد، برای تهیه محلول با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۰/۰۵ گرم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]



شکل ۱ و ۲- تصاویر دو بعدی تهیه‌شده توسط میکروسکوپ الکترونی گذاره (TEM) از نانو ذرات سیلیکا

از پودر نانو ذرات سیلیکا توزین و در ۱ لیتر آب‌مقطر حل شد و سپس به‌مدت نیم ساعت در دستگاه اولتراسونیک جهت تهیهٔ محلول یکنواخت گذاشته شد و گروه چهارم که تحت تیمار توأم قرار گرفت. تیمارها به‌مدت ۱۰ روز تحت شرایط کاملاً یکنواخت و در ساعات مشخصی از روز اعمال شد.

در روز برداشت، گیاهان به‌طور میانگین در مرحلهٔ ۹ برگی بودند، از هر گروه سه گلدان به‌طور تصادفی انتخاب و طول اندام هوایی از محل یقه تا انتهای جوانهٔ انتهایی با خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد برگ‌ها شمارش و سطح برگ‌ها توسط دستگاه اسکنر بر حسب سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. جهت بررسی مطالعات آناتومیکی مقطع‌گیری-ها، عرضی و به‌صورت دستی از قسمت میانی برگ و رگبرگ اصلی، هچنین دستجات آوندی ساقه و دمبرگ صورت گرفت و سپس مقاطع تهیه‌شده توسط کارمن زاجی و سبزمتیل رنگ‌آمیزی و توسط میکروسکوپ نوری مشاهده و درنهایت با دوربین دیجیتالی SONY مدل DSC-WX50 عکسبرداری شدند؛ ضخامت مقاطع موردنظر با استفاده از عدسی چشمی مدرج میکروسکوپ تخمین زده شد.

سنجش محتوای مالون دی‌آلدئید (MDA): برای اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید از روش Heath و Packher (۱۹٦۸) استفاده شد. ۰/۲ گرم از بافت تر گیاهی در ۵ میلی‌لیتر اسید تری کلرواستیک ۱٪ ساییده شد، عصارهٔ حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۸۰۰۰g سانتریفوژ شد. سپس روی یک میلی‌لیتر از محلول رویی چهار میلی‌لیتر اسید تری کلرواستیک ۲۰ درصد و تیوباربیتوریک اسید ۰/۵ درصد اضافه شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجهٔ سانتی‌گراد گذاشته شدند، در مرحلهٔ بعدی نمونه‌ها بلافاصله در آب یخ گذاشته شدند و سپس ۵ دقیقه در ۸۰۰۰g سانتریفوژ شدند و درنهایت جذب نمونه‌ها در طول‌موج‌های ۵۳۲ نانومتر و ٦۰۰ نانومتر خوانده شد. میزان مالون دی‌آلدئید از ضریب خاموشی ($۱۵۵mM^{-1} cm^{-1}$) محاسبه گردید.

اندازه‌گیری قند محلول: برای اندازه‌گیری میزان قند محلول از روش Brugnoli و همکاران (۱۹۸۸) با اندکی تغییرات استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت تر گیاهی به‌همراه سه میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد در هاون چینی ساییده شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۵ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰g سانتریفوژ گردید. سپس به یک میلی‌لیتر از محلول رویی به‌ترتیب یک میلی‌لیتر فنل ۵٪ و ۳ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد (این واکنش به‌شدت گرمازاست بنابراین با احتیاط کامل انجام شد). محلول تیره رنگی حاصل شد که به‌مدت یک ساعت در دمای آزمایشگاه تثبیت شد. سپس به یک میلی‌لیتر از محلول حاصل ٤ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه و درنهایت جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدلBiowave s 200 در طول‌موج ٤۸۵ خوانده شد.

سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX): برای استخراج عصارهٔ گیاهی از روش Kang و Saltiveit (۲۰۰۲) با اندکی تغییرات استفاده شد. ۰/۵ گرم بافت تر اندام هوایی به‌همراه ۳ میلی‌لیتر بافر تریس – اسید کلریدریک ۵۰ میلی‌مولار (۳ میلی‌مولار $MgCl_2$، ۱ میلی‌مولار EDTA و ۰/۲ میلی‌مولار اسید آسکوربیک) با pH=۷/۵ در هاون سرد ساییده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]

شد. هموژنات حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجهٔ سانتی‌گراد در ۵۰۰۰g سانتریفوژ گردید.

برای سنجش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از روش Nakano و Asada (۱۹۸۱) با اندکی تغییرات استفاده شد. به ۰/۰۲ میلی‌لیتر عصارهٔ استخراجی، ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷ (به اضافهٔ ۰/۱ میلی‌مولار EDTA، یک میلی‌مولار آسکوربات سدیم و ۰/۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنهٔ ۱٪) اضافه شد. درنهایت فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به‌صورت کاهش در جذب، طی یک دقیقه در طول‌موج ۲٤۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (HALO DB-20,UV-Vis) محاسبه گردید. برای سنجش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از ضریب خاموشی ($۲/۸\ mM^{-1}\ cm^{-1}$) استفاده شد.

سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL): برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز از روش KE و Saltveit (۱۹۸٦) با اندکی تغییرات استفاده شد. یک گرم بافت تر اندام هوایی به‌همراه ٤ میلی‌لیتر بافر بورات ۵۰ میلی‌مولار با pH= ۸/۵ (شامل ۵ میلی‌مولار ۲- مرکاپتو اتانول و پلی‌وینیل پیرولیدون ۲٪) در هاون سرد ساییده شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجهٔ سانتی‌گراد و در ۱۰۰۰۰g سانتریفوژ گردید. سپس به یک میلی‌لیتر از محلول رویی ۳ میلی‌لیتر آب‌مقطر یا بافر بورات و ۰/۵۵ میلی‌لیتر L- فنیل آلانین ۱۰۰ میلی‌مولار اضافه و به‌مدت ٦۰ دقیقه در دمای ٤۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از مدت زمان یادشده جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر خوانده شد.

برای کاهش میزان درصد خطا، آزمایشات به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تیمار و هر تیمار با سه تکرار انجام شد و درنهایت آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SPSS سری ۲٤، طی مسیر آنالیز واریانس یک‌سویه و آزمون S.N.K در سطح آماری $P \leq 0/05$ انجام گرفت و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel سری ۲۰۱٦ رسم شدند.

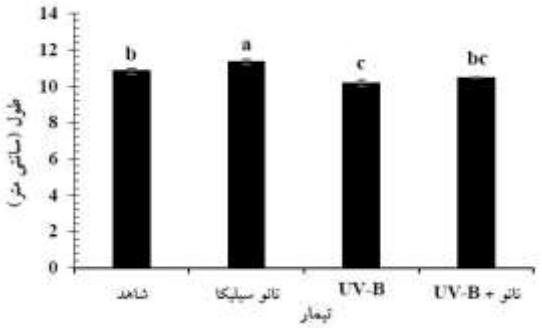
نتایج و بحث

بررسی داده‌ها نشان داد طول اندام هوایی در نمونه‌های تحت تنش UV-B و تیمارهای توأم (نانو ذرات سیلیکا+UV-B) به طور معنی‌دار کاهش و در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا به‌طور معنی‌دار افزایش داشت. پژوهش‌های انجام‌شده توسط Kakani و همکاران (۲۰۰۳) بر رشد طولی گیاه پنبه تحت تنش پرتو UV و پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاه *Bromus catharticus* از تیرهٔ گندم توسط Deckmyn و Impnes (۱۹۸۸) تحت تأثیر پرتو UV-B نشان داد رشد طولی گیاهان بررسی شده کاهش یافته‌اند که نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات آنان همخوانی دارد (شکل ۳). همچنین علّت افزایش رشد طولی تحت تأثیر نانو ذرات می‌تواند درنتیجهٔ نفوذ ذرات نانو به درون سلول‌های گیاهی و القاء همانندسازی DNA و فعالسازی برخی از آنزیم‌های پاداکساینده است (Torney *et al*., 2007). پژوهش‌ها نشان داده است کاربرد نانو ذرات دی‌اکسید سیلیکون در گیاه گوجه‌فرنگی باعث افزایش رشد طولی گیاه شده است (Haghighi and Pessarakli, 2013). همچنین شواهد نشان داد نانو ذرات فلزی باعث افزایش رشد طولی گیاه کاهو شده است (Shah and Belozerova, 2009). که نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات آنان همخوانی دارد.

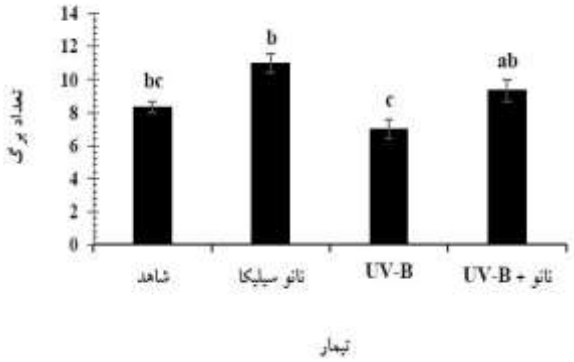
نتایج حاصل از شمارش تعداد برگ‌ها نشان داد پرتو UV-B باعث کاهش معنی‌دار و تیمارهای نانو ذرات سیلیکا و توأم باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ‌ها در مقایسه با شاهد (گیاهان در زمان اعمال تیمار به‌طور میانگین هشت برگ داشتند) در گیاه تره‌تیزک شده است (شکل ٤). علّت افزایش و کاهش تعداد برگ‌ها درنتیجهٔ تأثیر تیمارها بر روی جوانهٔ انتهایی و کاهش یا افزایش تقسیمات سلولی درنتیجهٔ اکسیداسیون توبولین‌ها است که عامل اصلی در کاهش یا افزایش تشکیل میکروتوبول‌ها است (Smirnoff and Wheelev, 2000). مطالعات انجام‌شده در گیاه گل دماغه (*Impatiens capensis*) کاهش تعداد برگ‌ها تحت تنش UV-B را نشان داد (Dixon *et al*., 2001). همچنین نتایج حاصل از مطالعات Dehghani poodeh و همکاران (۲۰۱٦) افزایش تعداد برگ‌ها تحت تیمار نانو ذرات سیلیس در گیاه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]



شکل ۳- تغییرات طول اندام هوایی گیاه تره‌تیزک در نمونه‌های شاهد و تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم. میانگین و انحراف معیار بر روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).



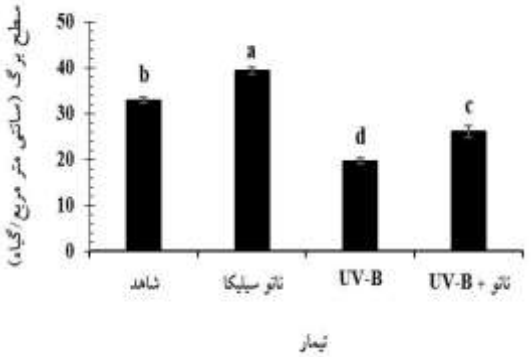
شکل ٤- اثر تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد بر تعداد برگ. میانگین و انحراف معیار روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).

توت‌فرنگی را نشان داد که نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات آنان همخوانی دارد (شکل ٤).

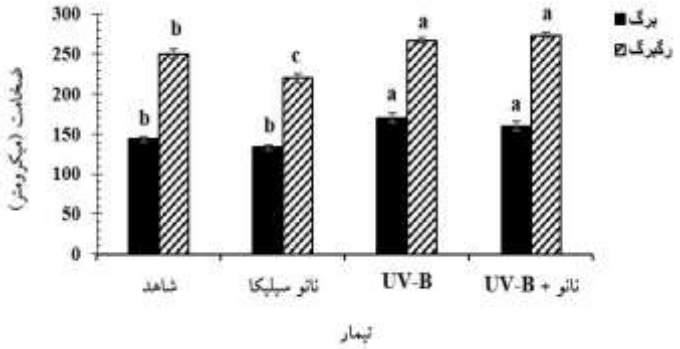
تنش UV-B و تیمار توأم باعث کاهش معنی‌دار و نانو ذرات سیلیکا باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ در گیاه تره‌تیزک شدند (شکل ۵). کاهش سطح برگ تحت تنش پرتو فرابنفش درنتیجهٔ کاهش تقسیم سلولی به‌واسطهٔ فتواکسیداسیون اکسین است (Smith and Burritt, 1999). افزایش سطح برگ مشاهده‌شده درنتیجه تیمار نانو ذرات سیلیکا می‌تواند به‌دلیل رسوب سیلیسیم در پهنک برگ باشد. Torabi و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند افزایش سطح برگ درنتیجهٔ تیمار نانو ذرات سیلیکا به‌دلیل رسوب سیلسیم در پهنک برگ و تأثیر در ساختار کلروپلاست اتفاق می‌افتد؛ سیلیسیم با اثر بر افزایش کارآیی فتوسیستم II توانایی گیاه در استفاده از نور را بالا می‌برد و به‌دلیل افزایش میزان فتوسنتز سطح برگ افزایش می‌یابد (Torabi *et al.*, 2013). در مطالعات انجام‌شده توسط Reddy و همکاران (۲۰۰۳) بر روی گیاه پنبه و همچنین توسط Damian و همکاران (۱۹۹۸) بر روی نخودفرنگی کاهش سطح برگ تحت تنش UV-B را نشان داد. از طرفی افزایش سطح برگ در گیاه گندم توسط Abdul و همکاران (۲۰۱۵) درنتیجهٔ افزودن نانو ذرات مس و در گیاه اسفناج توسط Moghadam و همکاران (۲۰۱۲) با به کارگیری کود نانو آهن مشاهده شده است که نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات آنان همخوانی دارد (شکل ۵).

آنالیز داده‌ها نشان داد ضخامت برگ و رگبرگ اصلی در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا کاهش و در دو تیمار دیگر افزایش معنی‌دار داشته است. افزایش ضخامت در نمونه‌های تحت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]



شکل ۵- اثر تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد بر سطح برگ. میانگین و انحراف معیار روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).

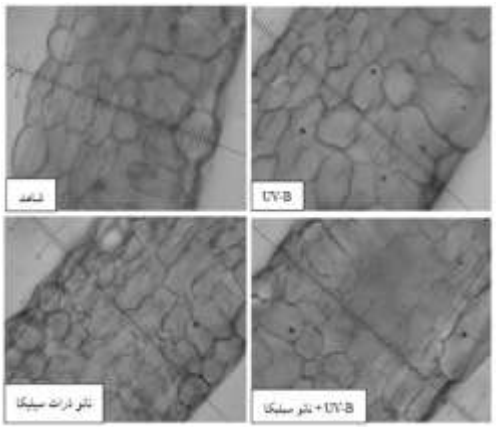


شکل ٦- اثر تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد بر روی ضخامت برگ و رگبرگ اصلی گیاه تره‌تیزک. میانگین و انحراف معیار بر روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).

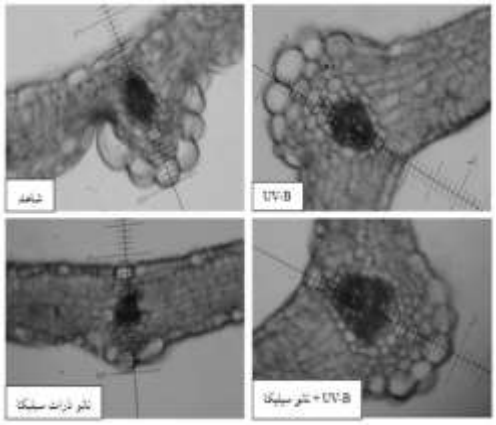
تنش UV-B و توأم در واقع راهکاری جهت پراکنده‌کردن پرتو فرابنفش به‌دلیل کاهش آسیب وارده به بافت‌های فتوسنتزی از طریق افزایش تعداد لایه‌های سلول‌های پارانشیمی برگ است (Krizek *et al*., 1998). پژوهش‌های انجام‌شده توسط Santos و همکاران (۲۰۰٤) بر روی گیاه سیب‌زمینی و Murali و همکاران (۱۹۸۸) بر روی گیاه سویا افزایش ضخامت برگ را تحت تابش پرتو فرابنفش نشان داده است که نتایج حاصل با پژوهش‌های آن‌ها همخوانی دارد. از طرفی نتایج پژوهش‌های Thuesombat و همکاران (۲۰۱٤) بر روی گیاه برنج نشان داد که نانو ذرات نقره باعث افزایش ضخامت برگ شده است که نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های آن‌ها همخوانی دارد (شکل ٦، ۷ و ۸).

نتایج حاصل نشان داد ضخامت دستجات آوندی در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا و توأم کاهش یافته است که تنها ضخامت دستجات آوندی ساقه در گروه نانو ذرات سیلیکا معنی‌دار بود. در گروهی که تحت تنش UV-B بود ضخامت دستجات آوندی ساقه افزایش معنی‌دار و دمبرگ تغییری نشان نداد. تیمارهای فلزات سنگین (کادمیوم، روی و مس) در گیاه بادام‌زمینی باعث کاهش ضخامت آوندها شده است (Cai and Shi, 2009) که نتایج پژوهش حاضر با نتایج اخیر همخوانی دارد. از طرفی ضخامت دستجات آوندی در گیاه کتان تحت تنش UV-B کاهش نشان داد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۷). در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]



شکل ۷- تصاویر میکروسکوپی تهیه شده از تغییرات ضخامت برگ گیاه تره‌تیزک تحت تنش UV-B و تیمارهای توأم و نانو ذرات سیلیکا در مقایسه با شاهد با بزرگنمایی ٤٠٠



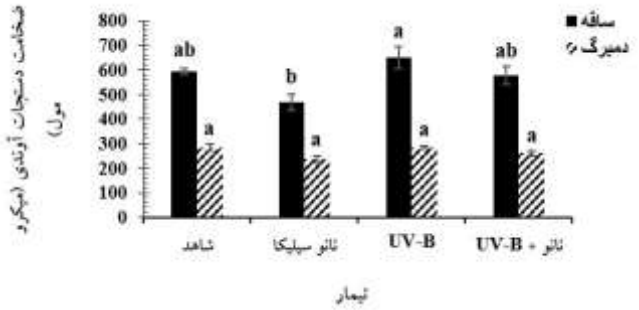
شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی تهیه‌شده از تغییرات ضخامت رگبرگ اصلی گیاه تره‌تیزک تحت تنش UV-B و تیمارهای توأم و نانو ذرات سیلیکا در مقایسه با شاهد با بزرگنمایی ۱۰۰

پژوهش حاضر ضخامت دستجات آوندی افزایش نشان داد که با تحقیق اخیر همخوانی ندارد (شکل ۹، ۱۰ و ۱۱).

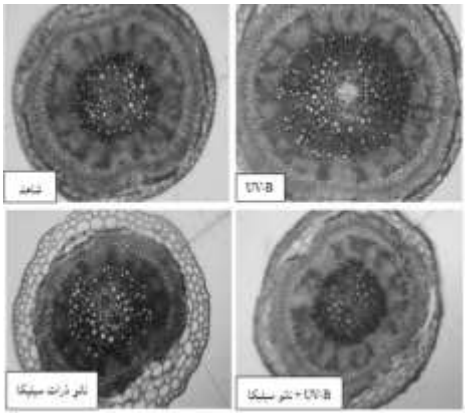
افزایش معنی‌دار میزان مالون دی‌آلدئید در هر سه تیمار در مقایسه با شاهد مشاهده شد (شکل ۱۲). پراکسیداسیون چربی‌های غیراشباع به‌ویژه لینولئیک اسید منجر به تشکیل مالون دی‌آلدئید می‌شود که عاملی برای حفاظت غشاء در برابر رادیکال‌های آزاد ایجاد شده است (Smirnoff, 1995). نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام‌شده بر روی آفتابگردان توسط Herna´n و همکاران (۲۰۰۲) و دانه‌رست‌های بادام‌زمینی توسط Ke-Tang و همکاران (۲۰۱۰) تحت تأثیر پرتو فرابنفش نشان داد میزان مالون دی‌آلدئید افزایش یافته است که نتایج حاصل با پژوهش‌های آن‌ها همخوانی دارد. همچنین میزان مالون دی‌آلدئید با کاربرد غلظت‌های مختلف نانو ذرات نقره بر روی گیاه شمعدانی توسط Hatami و Gorbanpour (۲۰۱۳) و کاربرد نانو ذرات اکسید روی بر گیاه گلرنگ توسط علیزاده و همکاران (۱۳۹٤) افزایش نشان داد که نتایج حاصل با پژوهش‌های آن‌ها همخوانی دارد.

آنالیز داده‌ها نشان داد میزان قند محلول در هر سه تیمار کاهش معنی‌داری داشته است (شکل ۱۳). نقش فیزیولوژیکی قندها ممانعت از اتصال غشاهای مجاور در طول تنش، محافظت از لیپیدهای غشایی، پایداری پروتئین‌ها، تنظیم ژن و تنظیم اسمزی است (Ho *et al.*, 2001). مطالعات رحمت‌زاده و خارا (۱۳۸۸) بر روی گیاه گندم نشان داد میزان قند محلول تحت تنش پرتو UV کاهش یافته است، همچنین مطالعات

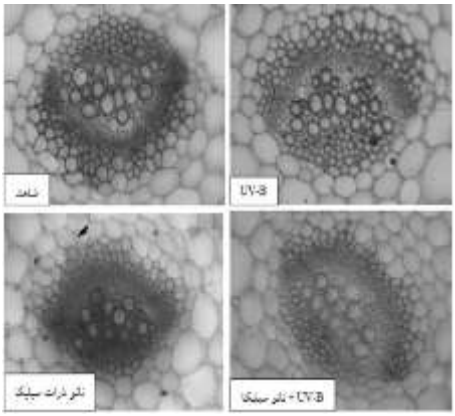
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]



شکل ۹- اثر تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد بر روی ضخامت دستجات آوندی ساقه و دمبرگ. میانگین و انحراف معیار بر روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم‌وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).



شکل ۱۰- تصاویر میکروسکوپی تهیه‌شده از تغییرات ضخامت دستجات آوندی ساقهٔ گیاه تره‌تیزک تحت تنش UV-B و تیمار تیمارهای نانو ذرات سیلیکا و توأم با بزرگنمایی ۱۰۰

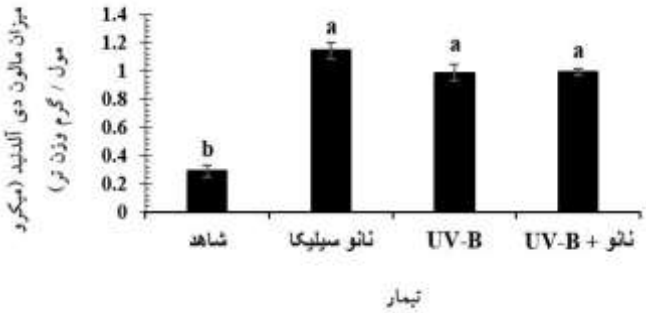


شکل ۱۱- تصاویر میکروسکوپی تهیه‌شده از تغییرات ضخامت دستجات آوندی دمبرگ گیاه تره‌تیزک تحت تنش UV-B و تیمارهای نانو ذرات سیلیکا و توأم با بزرگنمایی ۱۰۰

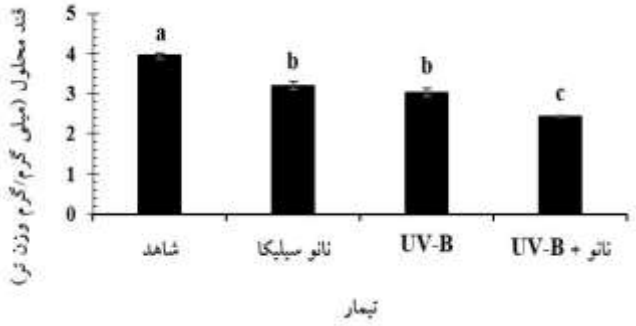
Hattab و همکاران (۲۰۰۹) بر گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد، افزایش غلظت سرب و کادمیوم باعث کاهش میزان قند محلول شده است که نتایج حاصل با پژوهش‌های آن‌ها همخوانی دارد.

میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، توأم و UV-B افزایش نشان داد که این افزایش فقط در گروه نانو ذرات سیلیکا معنی‌دار بود (شکل ١٤). آنزیم

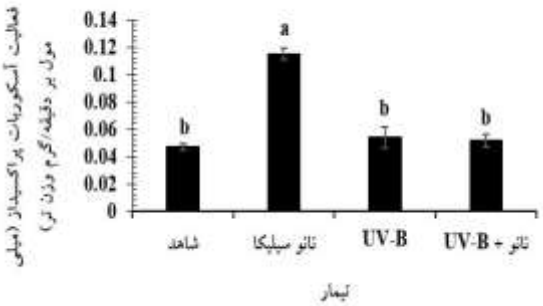
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]



شکل ۱۲- تغییرات میزان مالون دی‌آلدئید در اندام هوایی گیاه تره‌تیزک در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد. میانگین و انحراف معیار بر روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم‌وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).



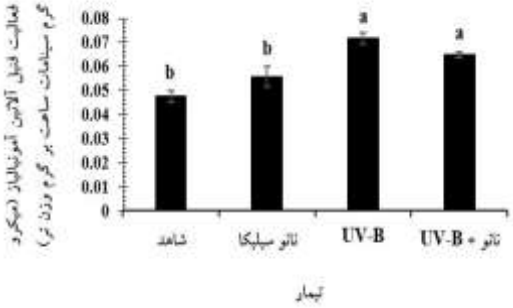
شکل ۱۳- تغییرات میزان قند محلول در اندام هوایی گیاه تره‌تیزک در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد. میانگین و انحراف معیار بر روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).



شکل ۱٤- تغییرات میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در اندام هوایی گیاه تره‌تیزک در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد. میانگین و انحراف معیار بر روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).

آسکوربات پراکسیداز تعدیل‌کنندهٔ میزان رادیکال‌های آزاد (ROS) تولیدشده در طی تنش است و آب اکسیژنه را به آب و اکسیژن تجزیه می‌کند و نقش مهمی در سمیّت‌زدایی پراکسید هیدروژن بر عهده دارد (رمضانی ویشکی، ۱۳۹۲). آسکوربات پراکسیداز در پاسخ به تعدادی از تنش‌های محیطی از جمله شدت طول‌موج‌های بلند، کمبود عناصر میکرو، نور بیش از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]



شکل ۱۵- تغییرات میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در اندام هوایی گیاه تره‌تیزک در تیمارهای نانو ذرات سیلیکا، UV-B و توأم در مقایسه با شاهد. میانگین و انحراف معیار بر روی هر ستون نشان داده شده است. حروف یکسان نشان‌دهندهٔ عدم وجود تغییرات معنی‌دار است (۳ تکرار±SE، P≤۰/۰۵).

اندازه، پرتو UV و هوای آلوده فعال می‌شود (Wang *et al.*, 2013). افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت تأثیر پرتو فرابنفش در دانه‌رست‌های بادام‌زمینی توسط Ke-Tang و همکاران (۲۰۱۰) و در گیاه سیب‌زمینی توسط Santos و همکاران (۲۰۰٤) نشان داده شده است که نتایج حاصل با پژوهش‌های آن‌ها همخوانی دارد. همچنین در مطالعات انجام‌شده بر روی دو رقم آنتونی و بلوواندر گیاه شمعدانی نشان داده شد افزایش غلظت نانو ذرات نقره باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شده است (Hatami and Gorbanpour, 2013). در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد که میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در گیاه تره‌تیزک تحت تأثیر نانو ذرات سیلیکا افزایش یافته است که این میزان افزایش با تحقیق اخیر همخوانی دارد (شکل ١٤).

فنیل آلانین آمونیالیاز، آنزیم کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانوئیدها است که تبدیل L- فنیل آلانین به ترانس سینامیک اسید، اولین مرحله در متابولیسم فنولیک‌ها را انجام می‌دهد، این مرحله یک واکنش بیوشیمیایی کلیدی در نمو و دفاع گیاهان به شمار می‌رود (Chang *et al.*, 2008). سنتز فلاونوئیدها، ایزوفلاونوئیدها، لیگنین و طیف وسیعی از ترکیبات فنلی در مراحل اولیهٔ سنتز از جمله نقش‌های آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز است (Bagal *et al.*, 2012). میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در هر سه تیمار افزایش نشان داد که این میزان افزایش در گروه توأم و UV-B در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود (شکل ۱۵). مطالعات نشان داده است که فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در بافت‌های رویشی برنج، شلغم و ذرت که در معرض تنش UV-B قرار گرفته بودند افزایش یافته است (Singh *et al.*, 1999). همچنین در مطالعات انجام‌شده توسط Krizek و همکاران (۱۹۹۷) بر روی خیار، Liu و همکاران (۱۹۹۵) بر روی جو نیز پرتو UV باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز شده است. از طرفی پژوهش‌ها نشان داد غلظت‌های مختلف نانو اکسید روی بر روی میوهٔ گیلاس باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز شده است که نتایج حاصل با پژوهش‌های آن‌ها همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد پرتو UV-B آثار تخریبی در گیاه تره‌تیزک داشته است. برای مقابله با آثار زیان‌بار و رادیکال‌های آزاد (ROS) ایجادشده در گیاه مکانیسم دفاعی فعال شده که از جمله افزایش میزان فعالیت آنزیم‌ها، قند محلول و مالون دی‌آلدئید است. در واقع تنش با پرتو UV-B گیاه تره‌تیزک را هم از لحاظ آناتومیکی و هم فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تحت تأثیر قرار داده است. کاربرد نانو ذرات سیلیکا هم در بعضی موارد نقش تیمار کمکی را داشته و در مواردی هم خصوصاً در کاربرد توأم نه تنها مفید نبوده است بلکه در بعضی مواقع اثرات منفی هم داشته است و حتی به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]

عنوان تشدیدکنندهٔ اثرات مخرب UV-B عمل کرده است. به‌طورکلی مشاهده شد نانو ذرات سیلیکا اثرات مخرب پرتو UV-B را کاهش داده است و می‌توان از آن به‌عنوان کاهش دهنده اثر پرتو فرابنفش در غلظت‌های مناسب بهره برد.

سپاسگزاری

نگارندگان از همکاری صمیمانهٔ مسئول آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی گروه زیست‌شناسی دانشگاه ارومیه در انجام این پژوهش قدردانی می‌کنند.

منابع

رحمت زاده، س. و خارا، ج. (۱۳۸۸) بررسی اثرات اشعهٔ UV-C بر رشد و برخی پارامترهای تحلیلی و فیزیولوژیکی در گیاهان گندم همزیست با ۳ گونه قارچ میکوریزی. مجلهٔ زیست‌شناسی ایران ۲۱: ٦۲-۵۲.

رمضانی ویشکی، ف. (۱۳۹۲) اثر میدان الکترومغناطیسی بر القای تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نعنا (*Mentha piperiata* L.). اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسهٔ آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیطزیست و انجمن حمایت از طبیعت ایران.

زرگری، ع. (۱۳٦٦) گیاهان داروئی. جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.

علیزاده، ن.، مجد، ا.، محمودزاده، ه. و جنوبی، پ. (۱۳۹٤) بررسی تأثیر نانو ذرات اکسید روی بر روی برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). دومین همایش ملی گیاهان دارویی، طب سنتی و کشاورزی ارگانیک.

یوسفی، م. (۱۳۹۷) بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه کتان (*Linum usitatissimum* L.) تحت تأثیر طول‌موج‌های مختلف اشعهٔ ماوراءبنفش (UV-A, UV-B, UV-C). پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، دانشکدهٔ علوم، ایران.

Abdul, H., Abdul, R., Tariq, M. and Hafiz, M. (2015) Potential of cooper nanoparticles to increase growth and yield of *Wheat.* Journal of Nanoscience with Advanced Technology 1: 6-11.

Ahandani, E. A, Fazilati, M., Boghozian, A. and Ahandani, M. A. (2019) Effect of ultraviolet (UV) radiation bonds on growth and chlorophyll content of *Dracocephalum moldavica* L. Herb. Journal of Biomolecular Research and Therapeutics 8: 172.

Bagal, U. R., Leebens mack, J. H., Walter Lorenz, W. and Dean, J. F. D. (2012) The phenylalanine ammonia lyase (PAL) gene family shows a gymnosperm specific line age. BMC Genomics 13: 1471-2164.

Brugnoli, E., Hubick, K. T., Von Caemmerer, S., Wong, S. C. and Farquhar, G. D. (1988) Carbon-isotope composition of biovhemical fractions and the regulation of carbon balance in leaves of the C_3-crassulacean acid metabolism intermediate *Clusia minor* L. growing in trinidad. Plant Physiology 88: 14-18.

Chang, A., Lim, M. H., Lee, S. W., Robb, E. J. and Nazar, R. N. (2008) Tomato PAL gene family: Highly redundant but strongly underutilized. Journal of Biology and Chemistry 283: 33591-33601.

Damian, J., Allen, S. N. and Neil, R. B. (1998) Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there real threat to photosynthesis? Journal of Experimental Botany 49: 1775-1788.

Deckmyn, G. and Impnes, I. (1988) Effects of solar UV-B irradiation on vegetative and generative growth of *Bromus catharticus*. Environmental and Experimental Botany 40: 179-185.

Dehghani Poodeh, S., Ghobadi, C., Baninasab, B., Gheysari, M. and ShiraniBidabadi, S. (2016) Effects of potassium silicate and nanosilica on quantitative and qualitative characteristics of a commercial strawberry (*Fragaria ananassa* cv.'Camarosa'). Journal of Plant Nutrition 39: 1-18.

Dietz, K. J. and Herth, S. (2011) Plant nanotoxicology. Trends in Plant Science 16: 582-589.

Dixon, P., Weinig, C. and Schmitt, J. (2001) Susceptibility to UV damage in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae): Testing for opportunity costs to shadeavoidance and population differentiation. American Journal of Botany 88: 1401-1408.

Haghighi, M. and Pessarakli, M. (2013) Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. Scientia Horticulturae 161: 111-117.

Hatami, M. and Ghorbanpour, M. (2013) Effect of nanosilver on physiological performance of Plargonium plants exposed to dark storage. Journal of Horticultural Research 21: 15-20.

Hattab, S., Chouba, L., Ben, M., Mehouachi, T. and Boussetta, H. (2009) Cadmium and copper induced DNA damage in *Pisum sativum* roots and leaves as determined by the comet assay. Plant Biosystems 10: 1080-1087.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

Herna´n, Costa., Susana, M. and Gallego, Mari´a, L.T. (2002) Effect of UV-B radiation on antioxidant defense system in *Sunflower cotyledons*. Plant Science 162: 939-945.

Ho, S., Chao, Y., Tong, W. and Yu, S. (2001) Sugar coordinately and differentially regulates growth and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple control mechanisms. Plant Physiology 46: 281-285.

Hollosy, F. (2002) Effects of ultraviolet on plant cells. Micron 33: 179-197.

Huarancca Reyes, Th., Scartazza, A., Pompeiano, A. and Guglielminetti, L. (2019) Physiological reponses of *Lepidium meyenii* plants to ultraviolet-B radiation challenge. BMC Plant Biology 19: 186.

Kakani, V. G., Reddy, K. R., Zhao, D. and Mohammed, A. R. (2003) Effects of ultraviolet-B radiation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) morphology and anatomy. Annals of Botany 91: 817-826.

Kang, H. M. and Saltiveit, M. E. (2002) Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling (leaves and roots) and differentially affected by salicylic acid. Physiologia Plantarum 115: 576-577.

Kaur, M., Kalia, S. and Mathur, A. (2020) Plant growth regulatory and insecticidal effect of silica nano-composites on *Brinjal crop*. Acta Scientific Agriculture 4: 65-68.

Ke, D. and Saltveit, M. E. (1986) spoting and phenylalanine ammonia lyase activity in iceberg lettuce. Society for Horticultural Science 21: 1169.

Ke-Tang, J., Zhan, H. and Yang, W. D. H. (2010) Changes of resveratrol and antioxidant enzymes during UV-induced plant defense response in peanut seedlings. Journal of Plant Physiology 167: 95-102.

Krizek, D. T., Mirecki, R. M. and Britzek, S. J. (1997) Inhibitory effects ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth cucumber. Physiologia Plantarum 100: 886-893.

Krizek, D. T., Brita, S. J. and Miewcki, R. M. (1998) Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiologia Plantarum 103: 1-7.

Liu, L., Giz, D. C. and Mcclure, J. W. (1995) Effects of UV-B on flanonoids, ferulic acid, growth and photosynthesis in brleybleaves. Physiologia Plantarum 93: 725-733.

Moghadam, A., Vattani, H., Baghaei, N. and Keshavarz, N. (2012) Effect of different levels of fertilizer nano-iron chelates on growth and yield characteristices of two varieties of Spinach (*Spinach oleracea* L.): Varamin 88 and Virofly. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4: 4813-4818.

Murali, N., Teramura, A. and Randall, S. (1988) Response differences between two soybeen cultivars with contrasting UV-B radiation sensitivities. Phytochemistry Photobiology 48: 653-657.

Nakano, Y. and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Journal of Plant Cell Physiology 22: 867-880.

Ostiguy, C. B. and Roberge, L. (2010) Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management. Bibliothèque et Archives Nationales 334-337.

Reddy, K. R., Kakani, V. G., Zhoo, D., Mohammed, A. R. and Gao, W. (2003) Cotton responsens to ultraviolet-B radiation: experimentation and algorithm development. Agricultural and Forest Meteorology 120: 249-265.

Rehman, N., Khan, A., Alkharfy, K. M. and Gilani, A. H. (2012) Pharmacological basis for the medicinal use of *Lepidium sativum* L. in airways disorders. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 1-8.

Santos, I., Fidalgo, F. and Almeida, J. (2004) Biochemical and ultrastructural changes in leaves of potato plants grown under supplementary UV-B radiation. Plant Science 167: 925-935.

Shah, V. and Belozerova, I. (2009) Influence of metal nanoparticles on the soil micribial community and germination of Lettuce seeds. Water Air and Soil Pollution 97: 143-148.

Sharma, S. H. and Agarwal, N. (2011) Nourishing and healing progress of garden cress (*Lepidium sativum* L.) a review. Indian Journal of Natural products and Resources 2: 292-297.

Shi, G. and Cai, Q. (2009) Leaf plasticity in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in response to heavy metal stress. Environmental and Experimental Botany 67: 112-117.

Shweta, M. and Agrawal, S. B. (2006) Interactive effects between supplemental ultraviolet-B radiation and heavy metals on the growth and biochemical characteristics of *Spinacia oleracea* L. Brazilian Journal of Plant Physiology 18: 307-314.

Singh, A., Selvi, M. T. and Sharma, R. (1999) Sunlight-induced anthocyanin pigmentation in maize vegetative tissues. Journal of Exprimental Botany 50: 1619-1625.

Smirnoff, N. (1995) Antioxidant systems and plant response to the enviornment. In: Environment and Plant Metabolism: Flexibility and Acclimation. (ed. Smirnoff, N.) Pp. 217-243. Bios scientific Publishers, Oxford.

Smirnoff, N. and Wheelev, G. L. (2000) Ascorbic acid in plants: Biosynthesis and function critical. Journal of Plant Sciences 19: 267-290.

Smith, J. L. and Burritt, D. J. (1999) UV-B absorbing compound as indicators of a plant sensitivity to UV-B radiation. Journal of Annals of Botany 86: 1051-1063.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]

Thuesombat, P., Hannongbua, S., Akasit, S. and Chadchawan, S. (2014) Effect of silver nanoparticles on rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105) seed germination and seedling growth. Ecotoxicology and Environmental Safety 104: 302-309.

Torabi, F., Majd, A., Enteshary, S. H. and Ayrian, S. (2013) Study of effect of silicon on some anatomical and physiological characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) in hydroponic conditions. Journal of Cell and Tissue 4: 275-285.

Torney, F. B. G., Trewyn, V. S. Y. and Wang, W. (2007) Mesoporous silica nanoparticles deliver DNA and chemicals into plants. Nature Nanotechnology 2: 295-300.

Wang, J., Zeng, Q., Zhu, J., Liu, G. and Tang, H. (2013) Dissimilarity of ascorbate–glutathione (AsA–GSH) cycle mechanism in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under experimental free-air ozone exposure. Agricalture Ecosystems and Environment 165: 39-49.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]

Effect of silica nanoparticles on the anatomical and physiological properties of *Lepidium sativum* L. under UV stress

Shabnam Yeganehfar and Siavash Hosseini Sarqin *

Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University
(Received: 23/08/2020, Accepted: 03/10/2020)

Abstract

UV radiation is able to change several physiologic and anatomic properties of the plants. UV radiation can also prevent the plant growth and their desirable performance. Effective role of Silica Nanoparticles in different plants has been proved to enhance plant resistance against biological and non-biological stresses. The present study was performed in the Urmia University laboratory Faculty, in a factorial and random framework to investigate the influence of silica nanoparticles on the growth and physiological characteristics of *Lepidium sativum* L. during UV-B stress. This study was performed with three treatments (UV-B, Si Np, and simultaneous treatment) in which the concentration of Nanoparticles were determined as 50 mg/L. It should be mentioned that each treatment was repeated three times in equivalent experimental circumstances. The obtained results demonstrated that the length of shoot, the number and surface of the leaves were increased significantly when treatment with Nanoparticles was done. The aforementioned characteristics weren't increased in simultaneous treatment. Conversely, the thickness of the leaves exhibited a reversed behavior during simultaneous treatment and treatment with silica nanoparticles, compared with two former properties. The thickness of xylems and phloem was only increased in the case of treatment with UV-B. In all treatments, the concentration of Malone di-aldehyde was increased and a depletion was observed in dissolved sugar content. Moreover, the activity of ascorbate peroxidase and phenyl alanine ammonia lyase were improved in three treatments with silica nanoparticles, UV-B stress, and simultaneous treatment. Based on the results of this study, it was observed that the existence of silica nanoparticles had positive role to minimize destructive effects of UV-B stresses.

Keywords: UV ray, Silica Nanoparticles, Malon di-aldehyde, Dissolved sugar, Ascorbate peroxidase, and Phenyl Alanin ammonia lyase.

Corresponding author, Email: svshhosseini@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.20.9]