بررسی تاثیر نانوذرات تیتانیوم دی اکسید (آناتاز) بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی توت فرنگی رقم کوئین الیزا (*Fragaria ananassa* c.v.Queen Elisa) در شرایط کشت هیدروپونیک

الهه هاشمی دهکردی[۱]، موسی موسوی[۱]، نوراله معلمی[۱]، محمد هادی غفاریان مقرب[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران [۲]عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان. صندوق پستی ۱۴۷۴-۴۵۱۹۵

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۰۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۴/۱۰)

چکیده:

به منظور بررسی اثر نانوذره تیتانیوم دی اکسید (آناتاز) بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. نانو آناتاز در ۷ غلظت ۰، ۱/۵، ۳/۵، ۵/۵، ۷/۵، ۹/۵ و ۱۱/۵ میلی گرم بر لیتر، همراه با محلول غذایی هوگلند به گیاه در محیط کشت هایدروپونیک (کوکوپیت)، به صورت ٤ مرتبه در هفته اضافه شد. در پایان دوره‌ی آزمایش (۳ ماه) میزان کلروفیل برگ، نسبت مواد جامد محلول به میزان اسید قابل تیتر، میزان ویتامین C، درصد تشکیل میوه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و میزان عملکرد گیاه با نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که نانو آناتاز در بالاترین غلظت (۱۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) باعث افزایش همه صفات، گردید. بطوری که حداکثر میزان مشاهده شده برای هر یک از صفات مورد اندازه گیری مربوط به این غلظت بود. همچنین این غلظت با سایر غلظت های نانوذرات تیتانیوم اکسید (به استثنای غلظت ۹/۵ میلی گرم بر لیتر برای وزن خشک ریشه) اختلاف معنی داری از لحاظ آماری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تیتانیوم، کلروفیل، فتوکاتالیست، نانو.

مقدمه:

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria ananassa* Duch. از دورگ گیری توت‌فرنگی ویرجینیایی *Fragaria virginiana* با توت‌فرنگی شیلیایی *Fragaria chiloensis* Duch. به‌دست آمده است. توت‌فرنگی گیاهی علفی، چندساله، همیشه سبز و از تیره‌ی Rosaceae می‌باشد، که امروزه در زمره‌ی تولیدات مهم و تجاری قرار گرفته است. این محصول به دلیل عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین، جایگاه خود را در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در جهان پیدا کرده است (اشکان، ۱۳۸۵).

تغییر در فناوری‌های مربوط به صنعت کشاورزی مهمترین عامل در ایجاد کشاورزی مدرن است. در این میان فناوری نانو، زمینه مناسبی را در تولید محصولات غذایی و کشاورزی فراهم آورده است (شکی، ۱۳۸۹). نانوتکنولوژی به عنوان انقلابی در شرف وقوع، آینده اقتصادی کشورها و جایگاه آن‌ها را در

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]

جهان، تحت تاثیر قرار خواهد داد. پژوهشگران به‌دلیل تاثیرات این فناوری بر بیشتر فناوری‌های موجود، معتقدند متخصصان رشته‌های مختلف بدون گرایش به مباحث مقیاس نانو در دهه‌های آینده فرصتی برای رشد ندارند (Sastry *et al.*, 2010). نانوذرات مجموعه‌ای از اتم‌ها و مولکول‌ها با قطر بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند (Korugu *et al.*, 2003). نانو ذرات دارای سطح ویژه بالا بوده و خواص منحصر به فرد فیزیکی و شیمیایی آنها مثل حلالیت، بار سطحی، اثرات کوانتومی، تجمع پذیری و ... (Chang et al 2012) به اندازه، شکل و غلظت ذرات شان بستگی دارد (Nakasao *et al.*, 2003).

تیتانیوم دی‌اکسید (TiO_2) دارای سه شکل بلوری شامل آناتاز، روتایل و بروکیت می‌باشد. نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم دارای اندازه‌ی ذرات بسیار کوچک و از این رو دارای سطح تماس و کارایی بیشتر از روتایل و بروکیت است (Sawhney *et al.*, 2008). نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم از نانوذرات مهمی است که در بسیاری از کشورها در حال استفاده بوده و دارای خواص فتوکاتالیستی است (Sawhney *et al.*, 2008). نانو آناتاز به عنوان یک فتوکاتالیست می‌تواند تحت تابش نور، شرایط ایجاد یک واکنش اکسید- احیا را فراهم کند. این ماده می‌تواند به‌عنوان یک فتوکاتالیست برای تجزیه اکسیدهای نیتروژن و تبدیل آن‌ها به نیتروژن و اکسیژن و یا تجزیه مواد آلی و تبدیل آن‌ها به دی‌اکسید کربن و آب به کار رود (سالاری و همکاران، ۱۳۸۷).

تیتانیوم عنصری سودمند برای گیاه است و می تواند جذب برخی عناصر نظیر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیوم، آهن، منگنز و روی را تحریک کند (Pais, 1983). میزان این تحریک به برخی عوامل مثل گونه و رقم گیاه، pH، رطوبت و وضعیت عناصر غذایی در خاک بستگی دارد (Kuzel *et al.*, 2003). نانو مواد می‌توانند موجب افزایش توانایی گیاهان در جذب و استفاده از آب و مواد غذایی شوند.

لو و همکاران (۲۰۰۲)، با مطالعه بر روی سویا به این نتایج رسیدند که ترکیب تیمارهای نانو اکسید تیتانیوم و نانو اکسید سیلنیوم موجب تسریع در جوانه‌زنی بذرهای سویا و رشد گیاهچه آن می‌شود، همچنین نانو مواد می‌توانند فعالیت ریشه سویا و آنزیم نیترات ردوکتاز را افزایش دهند.

همچنین معلوم گردید که نانو TiO_2 جذب نور را افزایش می دهد و باعث انتقال انرژی نورانی به الکترون ها و تبدیل آنها به انرژی شیمیایی و در نهایت افزایش تثبیت CO_2 می شود (Gao *et al.*, 2006).

ژنگ و همکاران (۲۰۰۵) افزایش عملکرد اسفناج و جوانه‌زنی را بر اثر استفاده از نانو دی‌اکسید تیتانیوم گزارش کردند. پس از آن یانگ و همکاران (۲۰۰۶) نیز اظهار نمودند که نانو TiO_2 تاثیر فوق العاده‌ای در افزایش وزن بذر اسفناج در جهت تحریک رشد دارد.

مطالعات نشان داده که جوانه‌زنی بذور گوجه فرنگی، کاهو و پیاز در حضور تیتانیوم اکسید و پس از قرار گرفتن در معرض نور باعث افزایش جوانه‌زنی گردید (Elghniji, *et. al*. 2014).

کشت توت فرنگی نیاز به دقت زیاد دارد به همین دلیل پرورش آن در گلخانه ها در شرایط هیدروپونیک گسترش پیداکرده است. لذا افزایش کارایی گیاه در جذب نور جهت انجام حداکثر فتوسنتز می تواند در چنین محیط هایی در افزایش کمی و کیفی محصول نقش موثری داشته باشد. اخیرا گزارش شده که برخی از نانوذرات نظیر اکسید تیتانیوم همانند کلروپلاست دارای قابلیت جذب نور بوده و می تواند نقش مثبتی در افزایش کارایی فتوسنتز گیاهان داشته باشند(Zheng *et al.*, 2007). لذا در این پژوهش اثر نانوذره TiO_2 بعنوان فتورسپتور بر بهبود برخی خصوصیات رویشی و زایشی گیاه توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها:

مواد گیاهی و شرایط کشت: نشاهای توت‌فرنگی از استان کردستان در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ تهیه شدند. محیط کشت مورد استفاده کوکوپیت انتخاب گردید. کشت نشاها پس از ضدعفونی با بنومیل در غلظت ۲ در هزاردر هر گلدان یک گیاه انجام شد. تغذیه گیاهان با محلول غذایی هوگلند کامل به ازای هر گلدان یک لیتر در هفته صورت گرفت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]

سنتز نانوذرات آناتاز: نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم با ساختار مینرالوژی آناتاز به روش سل ژل به صورت محلول همگن در گروه فیزیک دانشگاه شریف تهیه گردید. مشاهده نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم با میکروسکوپ روبشی(TEM) آنها را دوکی شکل و در اندازه‌ای حدود ۳۰ نانومتر نشان داد.

سطوح تیماری: پس از استقرار کامل نشاها، هفت سطح تیمار نانوذرات آناتاز شامل ۰، ۱/۵، ۳/۵، ۵/۵، ۷/۵، ۹/۵ و ۱۱/۵ میلی‌گرم در لیتر به گیاهان اعمال گردید.

فاکتورهای مورد بررسی: در پایان آزمایش میزان کلروفیل با استفاده از روش آرنون و همکاران ۱۹۴۹، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، نسبت مواد جامد محلول به میزان اسید قابل تیتر (میزان مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دیجیتالی ATAGO مدل A.PAL-1 و میزان اسید قابل تیتر به روش تیتراسیون)، میزان ویتامین C به روش تیتراسیون با دی کلروفنل ایندوفنل (DCIP)، درصد تشکیل میوه و میزان عملکرد اندازه گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: آنالیز داده‌ها با نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث:

جدول تجزیه واریانس تفاوت معنی داری را بین تمام صفات گیاهان تیمار شده با نانو آناتاز در مقایسه با گروه شاهد، نشان داد (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که با افزایش غلظت نانو ذرات آناتاز، شاخص‌های اندازه‌گیری شده افزایش یافت.

میزان کلروفیل ، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در برگ‌ها ، میزان نسبت TSS/TA، ویتامین C، درصد تشکیل میوه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در طی مدت تیماردهی افزایش یافت. به‌صورتی‌که بیش‌ترین میزان در حداکثر غلظت نانوذرات اناتاز (۱۱/۵ میلی‌گرم لیتر) به دست آمد. افزایش میزان عملکرد به طور قابل توجهی افزایش یافت. به‌طوری‌که نانوذرات آناتاز در حداکثر غلظت تا حدود دو برابر عملکرد را افزایش داد.

همان‌طور که در نتایج نشان داده شد نانو آناتاز باعث افزایش تمامی صفات اندازه‌گیری شده، گردید و در تمام صفات اثر معنی‌داری با شاهد ایجاد کرد و بهترین نتایج در غلظت ۱۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. تیتانیوم دی اکسید یک نیمه هادی دارای دو باند ظرفیت (پر از انرژی) و هدایت (خالی از الکترون) می باشد و بین این دو باند فاصله خاصی (گاف انرژی) قرار دارد که در صورت تابش نور با طول موج مشخص امکان انتقال الکترون از باند ظرفیت به باند هدایت می باشد. در اثر انجام این عمل لایه ظرفیت، الکترون از دست داده و لایه هدایت الکترون خواهد داشت. این عمل انتقال در زمان بسیار کوتاهی انجام می گیرد و دو مرتبه از تراز بالا (باند هدایت) به تراز پایین (باند ظرفیت) برمی گردد بنابراین تیتانیوم دی اکسید امکان اکسید یا احیا کردن ترکیباتی که در مجاور آن قرار می گیرد در هنگامی که نور با طول موج مشخصی به آن تابیده شود را خواهد داشت. این ماده (همانند کلروپلاست) می تواند آب را توسط تابش امواج ماورا بنفش و بدون اعمال ولتاژ خارجی به اکسیژن و هیدروژن تجزیه نماید (بهپور و خلیلیان ۱۳۹۲). به عبارت دیگر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم باعث افزایش سرعت فتوسنتزاز طریق تغییر دادن انرژی نورای به انرژی الکترونی و از انرژی الکترونی به انرژی فعال شیمیایی می گردند (Gao *et al.*, 2006). سایاما و همکاران (۲۰۰۲) گزارش دادند که شکستن آب به هیدروژن و اکسیژن بوسیله دی اکسید تیتانیوم تحت تابش نور مرئی، مشابه واکنش Z-scheme در فتوسنتز در حالت طبیعی است. این خصوصیت نانوذرات دی اکسید تیتانیوم نیز می تواند در تولید هیدرون طبیعی بوسیله نور آفتاب بکار رود (Ni *et al.*, 2007). Qi و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که پس از کاربرد نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم، سرعت فتوسنتز، هدیت آب و سرعت تعرق در برگهای گوجه فرنگی افزایش پیدا کرد. ایلقنیجی و همکاران (۲۰۱٤) نتیجه گرفتند که خاصیت فتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم قادر به بر طرف کردن خاصیت سمی 4-CP در گوجه فرنگی، شلغم و پیاز آبیاری شده با فاضلاب تحت تابش مستیم نور آفتاب می گردد. همچنین گزارشده که نانوذرات دی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]

اکسید تیتانیوم بشدت قادر به جذب نور نه تنها در محدوده مرئی بلکه در ناحیه فرابنفش نیز می باشد (Zheng *et al.*, 2007).

هونگ و همکاران (a ۲۰۰۵) گزارش دادند که افزایش فتوسنتز در اسفناج با کاربرد نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ممکن است

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]

در ارتباط با فعال سازی واکنش فتوشیمیایی در کلروپلاست باشد. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم قادرند از پیر شدن کلروپلاست در تابش بلند مدت از طریق افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز، پراکسیدازو سوپراکسیداز دیسموتاز، کاهش تجمع رادیکال های آزاد اکسیژن فعال ، کاهش مالوندهالید و دوام ثبات غشاء ساختمانی کلروپلاست تحت شرایط تابش نور جلوگیری نمایند (Hong *et al.*, 2005b). همچنین Hong و همکاران (c ۲۰۰۵) در مطالعه ای دیگر معلوم ساختند که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم قادر به افزایش رشد اسفناج از طریق افزایش میزان کلروفیل و سرعت فتوسنتز با افزایش میزان جذب نور، تسریع انتقال الکترون و افزایش کارایی تغییر حالت آنرژی نورانی می باشند.

همچنین نانوذرات دی اکسید تیتانیوم باعث فعال‌تر شدن روبیسکو و افزایش روبیسکوکربوکسیلاز شده که خود باعث افزایش سرعت واکنش کربن فتوسنتزی می‌گردد (Gao *et al.*, 2006).

Kuzel و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که اعمال تیتانیوم در محلول غذایی بر رشد یولاف مؤثرتر از تیمار آن بر برگ بود و Martinez و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که محلول‌پاشی این عنصر روی برگ‌های فلفل اثر بیشتری بر رشد داشت.

اعمال تیتانیوم در محلول غذایی از طریق کاهش اثرات سمی عناصر دیگر، باعث افزایش رشد می‌شود (حقیقی و دانشمند، ۱۳۹۱). تیتانیوم موجب افزایش فعالیت آهن در کلروپلاست برگ و کروموپلاست میوه شده و در نهایت جذب مواد غذایی را بالا می‌برد (Alcaraz *et al.*, 2004). نانو آناتاز قدرت ریشه را تحریک کرده و سبب افزایش توانایی ریشه در جهت جذب آب و مواد غذایی می‌شود، به‌دنبال آن وزن تر و خشک گیاه را افزایش می‌دهد (Yang, and Hong, 2006). به‌عبارت دیگر نانوذرات آناتاز میزان رشد رویشی را متعادل کرده و به سود میوه افزایش داد. افزایش ویتامین C ممکن است به دلیل دسترسی بهتر و بیشتر به کربوهیدرات برای رشد و توسعه میوه باشد (Turhan and Eris, 2005). میزان نسبت TSS/TA برای ارزیابی عطر و طعم و رسیدگی به کار برده می‌شود که به میزان قند و اسید اشاره دارد (Khayat *et al.*, 2007). بیشترین میزان این نسبت در بالاترین غلظت نانوذرات آناتاز به‌دست آمد.

گزارش شده که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم جذب موادی مانند نیتروژن و منیزیم را افزایش داده و میزان تولید کلروفیل را بالا می‌برد (Zheng *et al.*, 2007). با افزایش میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز افزایش یافته و درنهایت منجر به افزایش رشد ریشه و جذب بیشتر عناصر معدنی می گردد (Huang *et al.*, 2014). نانوذرات آناتاز با جذب نور و تبدیل انرژی نورانی، از کلروپلاست در برابر پیری محافظت کرده و مدت زمان انجام فتوسنتز را افزایش می‌دهد (Gao *et al.*, 2006).

تیتانیوم از دو طریق باعث افزایش فتوسنتز می‌شود :یکی از طریق تغییر در فعالیت پروتئینهای دخیل در فتوسنتز، از جمله فروکتوز ۱-٦ بی فسفاتاز که در چرخه کلوین مؤثر است وآنزیمهای گلوکوایوژناز و تغییر در چرخه پنتوز فسفات اکسیداز که در متابولیسم کربوهیدرات نقش دارد، و دوم از طریق افزایش کلروفیل که باعث تحریک و افزایش فتوسنتز می شود (Kiss *et.al.*, 1985).

افزایش میزان کلروفیل و هم‌چنین وزن تر و خشک با مطالعات پیشین در مورد اثر نانوذرات آناتاز بر روی اسفناج (Zheng *et al.*, 2005) و گندم (Feizi *et al.*, 2005) مطابقت دارد.

افزایش متعادل رشد رویشی (وزن تر و خشک) از یک طرف و بالا رفتن درصد تشکیل میوه، افزایش کارایی فتوسنتز (افزایش کلروفیل) و بهبود جذب از طریق ریشه با به‌کار بردن نانوذرات آناتاز، باعث افزایش عملکرد به ازای هر بوته گردید.

با توجه به نتایج خوب بدست آمده از کاربرد تیتانیوم اکسید بر روی صفات توت فرنگی پیشنهاد می گردد وجود یا ماندگاری احتمالی نانو ذرات تیتانیوم اکسید در بافت های مختلف بوته و میوه توت فرنگی مورد نیز ارزیابی قرار گیرد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]

منابع:

اشکان، م. (١٣٨٥) بیماریهای مهم درختان میوه در ایران. چاپ اول. انتشارات آییژ. ٤٧٢ صفحه.

بهپور، م. و خلیلیان ه. (١٣٩٢) مروری بر کاربردهای ویژه نانوذرات دی اکسید تیتانیوم. ماهنامه فتاوری نانو. سال دوازدهم، شماره ١١: ٢٣-١٩.

حقیقی، م.، دانشمند، ب. (١٣٩١) مقایسه اثر تیتانیوم و نانوتیتانیوم بر رشد و تغییرات فتوسنتزی گوجه فرنگی در سیستم هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ٤: ٨٠-٧٣

سالاری، م.، پنجه، ن.، کسرایی، س. (١٣٨٧) نانوتکنولوژی و کاربرد آن در گیاه‌پزشکی. مجله گیاه‌پزشکی و غذا. شماره٣: ٤٥-٣٦

شکی، ف. (١٣٨٩) کاربرد نانوذرات. نانوتکنولوژی. ٢: ٢٥-٢١.

Alcaraz, C., Botia, M., Carlos, F. and Fernando, R (2004) Effect of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on peach (*Prunus persica* L.) fruit qulity. Journal of the Science of Food and Agriculture 949-954.

Chang Y.N., Zhang M., Xia L., Zhang J. and Xing G (2012) The toxic effects and mechanisms of CuO and ZnO nanoparticles. Materials 5: 2850-2871.

Elghniji K., Sabrine S., Ben Mosbah M. Elimame E. and Moussaoui Y. (2014) Detoxification of 4-chlorophenol in TiO_2 sunlight system: effect of raw and treated solution on seed germination and plants growth of various sensitive vegetables. Toxicological and Environmental Chemistry 96: 869-879

Feizi, H., Razavi, P., Shahtahmasebi, N. and Fotovat, A (2005) impact of bulk and nanosized titanium dioxide (TiO_2) on wheat seed germination and seedling growth. Biological Trace Element Research 146: 101-106.

Hong, F., Zhou, J., Liu, C., Yang, F., Wu, C., Zheng, L. and Yang, P. (2005a) Effect of nano-TiO_2 on photochemical reaction of chloroplasts of spinach. Biological Trace Element Research 105: 269–280.

Hong, F., Yang, F., Liu, C., Gao, Q., Wan, Z., Gu, F., Wu, C., Ma, Z., Zhou, J. and Yang, P (2005b) Influences of nano-TiO_2 on the chloroplast aging of spinach under light. Biological Trace Element Research 104: 249-260.

Hong, F., Yang, P., Gao, F., Liu, C., Zheng, L., Yang, F. and Zhou, J (2005c) Effect of nano-TiO_2 on spectral characterization of photosystem II particles from spinach. Chem Res Chin Univ 21: 196–200

Gao, F., Chao, l., Zheng, L., Mingyu, S., Xiao, W,. Yang, F., Cheng, W. and Ping, Y (2006) Mechanism of nano anatase TiO2 on promoting photosynthetic carbon reaction of spinach. Biological Trace Element Research 111: 239-245

Jones, C. F. and Grainger, D. W (2009) *In vitro* assessments of nanomaterial toxicity. Advanced Drug Delivery Reviees 61: 438-456

Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, S., Rahemi, M. Rajaee, S. (2007) Salinity, supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 2: 539-544.

Kiss, F., Deak, G. Feher, M. Balogh, A. Szabolsci, L. and Pais, I. (1985) The effect of titanium and gallium in photosyntetic rate of algae. Journal of Plant Nutrition 8: 825-832.

Korugu, S. and Sundureshan, M (1993) Ullerene C. Histori, Physics, Nanobiology, Nanotechnology. By D: North- Holland

Kuzel, S., Hruby, M., Cigler, P., Tlustos, P. and Van, N. (2003) Mechanism of physiological effects of titanium leaf sprays on plants grown on soil. Biological Trace Element Research 91: 179- 190.

Lu, M., Zhang, C., Wen, Q., Wu, R. and Tao, X. (2001) Effect of nanometer materials on germination and growth enhancement of Glycine max and its mechanism. Soybean Science 21: 68–172

Martinez-Sanchez, F., Carvajal, M. Frutos, M. J. Giménez, J. L. and Alcaraz, C. F. (1991) Titanium in the nutrition of *Capsicum annuum* L. plants. Ciencia Agronómica 11: 73-78.

Nakasao, K., Okuyama, M., Shimada, S., Pratsinis, E. (2003) Effect of reaction temperature on CVD-made TiO2 primary particle diameter. Chemical Engineering Science 58: 3327-3335

Ni M., Michael K.H., Leung, Dennis Y.C., Leung, Sumathy, K. 2007. A review and recent

developments in photocatalytic water-splitting using TiO_2 for hydrogen production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 11: 401–425.

Pais, I. (1983) The biological importance of titanium. Journal of Plant Nutrition 6: 3-131.

Qi, M., Liu, Y. and Li, T. (2013) Nano-TiO_2 improves the photosynthesis of tomato leaves under mild heat stress. Biological Trace Element Research 156: 323-328.

Sastry, R., Rao, N. and Richard, C (2010) Can nanotechnology provide the innovations for a second green revolution in india agriculture? Biological Trace Element Research 13: 639-648.

Sawhney, A. P. S. and condon. B (2008) Modern Applications of Nanotechnology in Textiles. Textile Research Journal 78:731-739.

Sayama, K., Mukasa, K., Abe, R., Abe, Y. and Arakawa, H (2002) A new photocatalytic water splitting system under visible light irradiation mimicking a Z-scheme mechanism in photosynthesis. Journal of Photochemistry and

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]

characteristics and distribution of LHCLL on the thylakoid memberance of spinach. Biological Trace Element Research 120: 273-283.

Zheng, L., Mingyu, S., Chao, L., Liang, C., Huang, H., Xiao, W., Xiaoqing, L., Yang, F., Gao, F. and Hong, F. (2007) Effects of nanoanatase TiO_2 on photosynthesis of spinach chloroplasts under different light illumination. Biological Trace Element Research 119:68–76.

Photobiology A: Chemistry 148:71-77.

Turhan, E. and Eris, A. (2005) Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant. Journal of Plant Nutrition 27: 1653-1665

Yang, F. and Hong, S (2006) Influence of nano anatase TiO2 on the nitrogen metabolism of growing spinach . Biological Trace Element Research 110: 179-190.

Zheng, l., Mingyu, S., Xiao, W., Chao, L., Chunxiang, Q., Liang, C., Huang, H., Xiaoqing, L. and Hong, F (2005) Effect of nano anatase on spectral

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]

Effect of nanoparticles of titanium dioxide (anatase) on physiological characteristics of strawberry *(Fragaria ananassa* c.v.Queen Elisa) in hydroponic condition

Elahe Hashemi Dehkourdi[1], Mousa Mousavi*[1], Norolah Moallemi[1] and Mohammad Hadi Ghafariyan moghareb[2]

[1]Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, [2] Agricultural and Natural Resource Research Center of Zanjan Province, Iran.

(Received: 26 January 2014, Accepted: 1 July 2015)

Abstract:

To study the effect of nanoparticle anatase on some parameters of strawberry plant (Queen Eliza) an experiment in randomized complete block design was carried out with 3 replications. Nano Anatase in seven concentrations of 0, 1.5, 3.5, 5.5, 7.5, 9.5 and 11.5 mg per liter, with Hoagland solution for hydroponically grown plants (Cocopeat) was added to 4 times a week. At the end of the experimental period (3 months), chlorophyll content, TSS/TA, vitamin C, fruit set percentage, shoot and root dry weight and yield were measured and their data analyzed with SAS software. The results showed that nano-anatase at the highest concentration (11.5 mg/ ml) was best treatment and significantly increased all the different strawberry measured traits in this experiment.

Keywords: Titanium, chlorophyll, photo catalyst, nano.

*corresponding author, Email: mousa_mousawi@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.1.6]